

VŠB- Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh bubnového obraceče forem Engineering Design of Drum Turning Device of Moulds

Student :

Bc. Lukáš Polášek

Vedoucí diplomové práce :

Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Polášek**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: **Konstrukční návrh bubnového obraceče forem**
Engineering Design of Drum Turning Device of Moulds
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Pro potřeby modernizace formovací linky Bonvillain MAC_1120 provozované ve firmě Tafonco a.s. zpracujte nový konstrukční návrh bubnového obraceče forem. Parametry formovacího rámu jsou dány rozměry 700x500x200/200mm a hmotností 500kg. Proveďte variantní návrhy a pro vybranou konstrukci zpracujte kompletní 3D model, který bude podložený kontrolními výpočty. Výkresovou dokumentaci zpracujte dle domluvy s vedoucím práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8
KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3
DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3
MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1
NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 16.5.2016

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 16. 5. 2016

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Lukáš Polášek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kopřivnice-Mniší 165,
742 21, Kopřivnice.

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce Ing. Tomáši Kubínovi, Ph.D. a panu Ing. Jiřímu Soldánovi za poskytnutí odborných rad, věcné připomínky, ochotu a vstřícný přístup během zpracování této práce.

Anotace diplomové práce

Bc. Lukáš Polášek., Konstrukční návrh bubnového obraceče forem: diplomová práce, Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2016, 47 s. Vedoucí práce: Tomáš Kubín

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem zařízení pro otáčení formovacích rámců slévárenské linky. Zařízení by mělo být jednoduché konstrukce, automaticky ovládané v závislosti na cyklu formovací linky. V úvodu práce je popsáno k čemu obraceč slouží, použití a řešerše zařízení dostupných na trhu. V první části je popsán účel stroje, funkce a problematika, kterou se zabývám. Následuje konstrukční návrh bubnového obraceče forem, včetně podrobného popisu jednotlivých konstrukčních částí se základními výpočty. V závěru práce je zhodnoceno konstrukční řešení. Součástí diplomové práce je také 3D model stroje spolu s výkresovou dokumentací vybraných částí.

Anotation of the Master's work

Bc. Lukáš Polášek., Engineering Design of Drum Turning Device of Moulds: Master's thesis, Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2016, 47 s. Thesis head: Tomáš Kubín

The thesis deals with the structural design of the device for rotational molding frames foundry lines. The devices should be of simple design, automatically controlled depending on the cycle molding lines. The introduction describes what they are used for, and the use of research equipment available in the market. The first part describes the purpose of the machine functions and the issue I deal with. Following part describes the structural design of the drum turners forms, including a detailed description of the individual components with the basic calculations. In conclusion we evaluate design solutions. The thesis includes a 3D model of the machine together with drawings of selected parts.

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	9
Úvod	13
1.Rešerše obracích strojů	14
1.1 Rozdělení podle konstrukce	14
1.2 Výrobci bubnových obraceček slévarenských forem	14
2. Analýza problematiky	20
2.1 Základní popis formovací linky	20
2.2 Výrobní cyklus.....	22
2.3 Současný stav	23
3. Konstrukční řešení	25
3.1 Vlastní návrh.....	25
3.2 Umístění a návaznost	32
3.3 Použité komponenty	37
4. Funkční výpočty	41
4.1 Základní výpočty	41
4.2 Výpočet taktu a času	46
5. Závěr	55
Seznam použité literatury	56
Seznam obrázků	57
Seznam tabulek	58
Seznam příloh	58

Seznam použitých symbolů a zkratek

A	šířka řetězového kola	[mm]
BO	bubnový obraceč forem	[-]
B ₁	šířka ozubení	[mm]
D ₁	průměr díry náboje řetězového kola	[mm]
F _{max}	max. síla působící na jedno pojezdové kolo	[N]
F _{pt1}	síla při přetížení řetězu	[N]
F _t	tažná síla působící na řetězové kolo	[N]
GA	vytloukáci zařízení	[-]
G _r	odstředivá síla působící na řetěz	[N]
JFS	jednotná formovací směs	[-]
MA	stroj formovací vrchní formy	[-]
MB	stroj formovací spodní formy	[-]
MC	rozebírací stroj vrchní formy	[-]
MD	rozebírací stroj spodní formy	[-]
ME	stroj obracecí	[-]
MF	změna směru vrchní formy	[-]
MG	stroj skládací	[-]
MH	stroj pokládání složené formy	[-]
MI	změna směru vrchní formy 2	[-]
MP	propichovací zařízení	[-]
P	přenášený výkon	[kW]
Q _{celková}	celková spotřeba vzduchu bubnového obraceče forem	[l/min]
Q _r	hmotnost 1 metru řetězu	[kg]
Q _{propichování}	spotřeba vzduchu při propichování	[l/min]

$Q_{\text{přesuvny}}$	spotřeba vzduchu přesuvny	[l/min]
$Q_{\text{přítlačování}}$	spotřeba vzduchu při přitlačování	[l/min]
$Q_{1\text{zafixování}}$	spotřeba vzduchu při zafixování 1	[l/min]
$Q_{2\text{zafixování}}$	spotřeba vzduchu při zafixování 2	[l/min]
TA	válečkový dopravník spodní formy	[-]
TC	kladková trať vrchní formy	[-]
TD	kladková trať ke skládacímu stroji	[-]
TE	řízené kladky spodní formy	[-]
TG	válečková trať	[-]
TH	válečková trať	[-]
TI	válečková trať	[-]
Y_f	součinitel rázů řetězu	[-]
Z	zdvih válce	[mm]
a_1	délka čepu řetězu	[mm]
b_1	šířka ozubení	[mm]
b_1	vnitřní šířka řetězu	[mm]
c	šířka zaoblení	[mm]
d_e	hlavová kružnice řetězového kola	[mm]
d_m	průměr náboje řetězového kola	[mm]
d_p	rozteční kružnice řetězového kola	[mm]
d_1	průměr válečku řetězu	[mm]
d_2	průměr čepu řetězu	[mm]
f_f	plocha kloubu	[mm]
g	šířka vnitřní destičky řetězu	[mm]
g_1	tíhové zrychlení	[m/s ²]

l_1	součinitel tření	[-]
l_2	součinitel mazání	[-]
m_{celk}	celková hmotnost	[kg]
m_{otb}	hmotnost otočného bubnu	[kg]
m_r	hmotnost formovacího rámu s pískem a odlitkem	[kg]
n	počet zdvihů válce	[-]
n_2	otáčky hnacího kola - výstupní otáčky převodovky	[ot/min]
o	obvod kružnice	[mm]
p_D	dovolený tlak v kloubech	[Mpa]
p_i	měrný tlak při ideálních podmínkách	[Mpa]
p_k	počet pojezdových kol	[-]
p_r	rozteč řetězu	[-]
p_v	měrný tlak v kloubech	[-]
q_p	spotřeba vzduchu na 10mm při vysouvání pístní tyče	[l/min]
q_z	spotřeba vzduchu na 10mm při zasouvání pístní tyče	[l/min]
r_3	poloměr zaoblení	[mm]
t_o	čas otočení bubnu o 90°	[s]
$t_{propichování}$	čas potřebný k propíchnutí formy	[s]
$t_{přesuvny}$	čas potřebný k přesunutí formy	[s]
$t_{přítlačování}$	čas potřebný k přitlačení formy	[s]
$t_{zafixování}$	čas potřebný k zafixování formy	[s]
t_1	čas otočení	[s]
v_{bubnu}	obvodová rychlost bubnu	[m/min]
$v_{propichování}$	rychlost válce propichování	[mm/s]
$v_{přesuvny}$	rychlost válce přesuvny	[mm/s]

$V_{\text{přítlačování}}$	rychlost válce přítlačování	[mm/s]
v_f	obvodová rychlost řetězu	[m/min]
$V_{\text{zafixování}}$	rychlost válce pro zafixování polohy formy	[mm/s]
z_1	počet zubů hnacího kola	[-]
γ_{dyn}	dynamická bezpečnost řetězu	[-]
γ_p	tlak v kloubech řetězu	[MPa]
γ_{stat}	statická bezpečnost řetězu	[-]

Úvod

V současné době slévárna Tafonco a.s očekává nárůst zakázek. Se vzrůstající výrobou se firma musí přizpůsobit trhu a musí být konkurence schopná ostatním slévárnám u nás ale i v zahraničí. Proto se firma Tafonco a.s. rozhodla pro rekonstrukci výrobních zařízení.

Některá zařízení jsou již fyzicky zastaralé a dosažitelná přesnost v některých případech nevyhovuje současným požadavkům zákazníků. Jedním z těchto zařízení je také automatická formovací linka Bonvillain MAC_1120 k výrobě odlitků z šedé a tvárné litiny. Při technologickém procesu formování vznikají na této lince problémy, které ovlivňují kvalitu odlitků ale také chod formovací linky.

Cílem této práce je navrhnout zařízení k otáčení formovacích rámců. Součástí tohoto zařízení bude také propichovací zařízení. Zařízení by mělo být účelné, jednoduché konstrukce, automaticky ovládané v závislosti na cyklu formovací linky. V práci bych se chtěl také zaměřit na hledisko bezpečnosti, aby nedošlo k jakémukoli zranění obsluhy.

1.Rešerše obracecích strojů

Jsou to zařízení, která naleznou uplatnění všude tam kde je potřeba manipulovat s těžkými předměty. Většina strojů má silnou a pevnou konstrukci, která také umožňuje rotaci kruhové konstrukce až o 180 stupňů. Možná je také rotace oběma směry.

1.1 Rozdělení podle konstrukce

Kruhové uzavřené

Konstrukce umožňuje směr dopravovaného materiálu pouze jedním směrem a to z příchozího dopravníku na dopravník odchozí, které jsou v jedné ose. Používají se především ve slévárenských provozech a všude tam kde nemusí být přístup k pracovnímu prostoru stroje. Příklad kruhového obraceče uzavřeného na *Obr.č.1*.

Kruhové otevřené

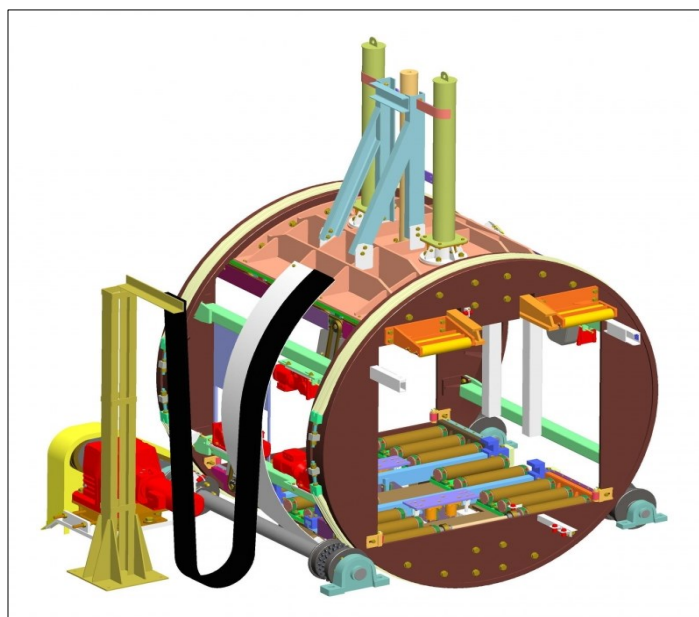
Na rozdíl od kruhových uzavřených nám tyto obracečku umožňují jednoduchý přístup k pracovnímu prostoru díky otevřenému čelu stroje. Výhodou otevřených obracecích strojů typu - C je jejich využití v různých provozech. Tato konstrukce umožňuje změnu směru dopravovaného materiálu o 90°. Nemusí tak navazovat na dopravníkové, válečkové tratě v jednom směru tak jako kruhových uzavřených. Obraceč kruhový otevřený na *Obr.č.4*.

1.2 Výrobci bubnových obraceček slévárenských forem

Ve slévárenských provozech se obracečky používají především k otáčení formovacích rámců a k oddělení rámců od modelového zařízení.

Bubnový obraceč T M T spol. s r.o. Chrudim

Bubnový obraceč forem slouží k uvolnění a vyjmutí modelu z formy. Manipulovaným dílem jsou formovací rámy o maximálních rozměrech 2600 x 1500 x 700 mm a maximální hmotnosti až 7 000 kg.



Obr. č. 1 – Bubnový obraceč TMT [3]

Deska modelu, spojená s formovacím rámem se zaformovaným modelem, je vnějším válečkovým dopravníkem zasunuta do obraceče a pomocí čidel vycentrována. Následuje upnutí desky modelu k válečkovému dopravníku pomocí hydraulicky ovládaných upínek. Poté dojde ke spuštění přitlačného rámu a k jeho přitlačení k formovacímu rámu.

Dalším krokem je otočení celého stroje na podpěrných kladkách o 180°. Přesné otočení je řízeno poháněcím elektromotorem s odměřováním a je kontrolováno čidly.

Po otočení se k desce přisune úderový vibrátor a začne vibrovat. Vibrace zhutní formovací směs kolem modelu a současně jej uvolní. Následným zasunutím hydraulického válce přitlačného rámu dojde ke spuštění formovacího rámu. Základová deska s modelem zůstává upnutá v horní poloze. Zasunutím rámu pod povrch válečkových dopravníků a dojezdem na koncová čidla dojde k ukončení zdvihu přitlačného rámu.

Po povelu z ŘS či od obsluhy je formovací rám i s formou vysunut na navazující válečkový dopravník. Poté dochází ke zpětnému otočení obraceče o 180° a k uvolnění desky modelu, která je vysunuta na navazující válečkový dopravník. Délka celého pracovního cyklu je 180 až 200 s. [3]

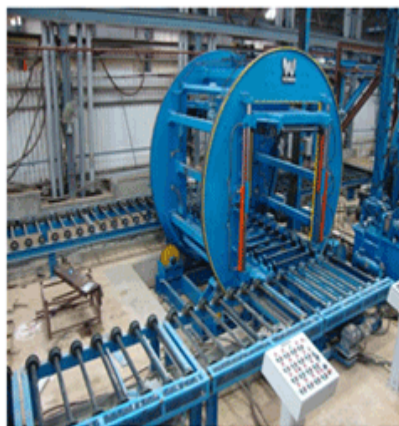
Obracecí stroj WESMAN

Obracecí stroje Wesman se používají jako manipulační zařízení s formovacími rámy. Používají se k oddělení modelového zařízení od formy po zatvření bentonitové směsi.

Wesman Machine nabízí spolehlivé rotační bubny pro otáčení forem. Rotační bubny se otáčejí o 180° na příchozí nebo odchozí válečkový dopravník. Součástí rotačního bubnu jsou válečkové tratě. [4]

V současné době staví fa. Westman stroje dle parametrů:

- nosnost stroje 600, 1250, 1600, 2000 kg.
- rozměry ukládacích desek v rozmezí od 500x500mm do 2000x2000mm.
- návrh obrátcového stroje na míru dle požadavků zákazníka



Obr. č. 2 – Bubnový obrátec Wesman [4]

Obrátcí stroj Tinker Omega

Otáčecí a rozebírací stroj fa. **Tinker Omega** Manufacturing LLC se používá ve slévarenských provozech k otáčení formovacích rámců a k oddělení rámců od modelového zařízení. Nabízí mnoho variant a velikostí s možností tyto otáčecí jednotky přizpůsobit tak, aby vyhovovala potřebám zákazníka. [5]

Přípravky, které mohou být zahrnuty:

- plná bubnová konstrukce nebo otevřená C konstrukce
- variabilní upínání
- válečkový nebo pásový vykládací dopravník

- ovládací jednotka NEXTGEN2



Obr. č. 3 – Bubnový obraceč JRD-2 [5]

Tab.č.1 -Typové řady obracečů Timker Omega [5]

Rozměr pokladací desky	Typ	JRD-1	JRD-2	Size 2	Size 3	Size 4	Size 5
	Délka (mm)	1000	1500	1000	1200	2000	2500
	Šířka (mm)	700	860	800	1000	1200	1400
	výška rámu (mm)	250	350	350	425	47	550

Obracecí stroj Palmer Manufacturing & Supply,

Obracecí zařízení se pohybuje v rozsahu velikostí od 225kg do 9000kg. Stroje mohou být ovládány manuálně, plně automaticky nebo kombinovaně. Konstrukce rámu v konfiguracích: s otevřenou čelní částí (C-frame) nebo s uzavřenou konstrukcí (Bubnovou). Vysoký točivý moment hydraulického otáčení zajišťuje snadné a efektivní odvalování i při těch nejtěžších pracovních operacích. [6]

Standardní rozměry:

Tab.č.2 -Typové řady obracečů Palmer [6]

Model	Rozměry	Standardní konfigurace
RD-500	24" x 36" x 12"	Bubnová konstrukce
RD-2000	36" x 48" x 24"	C-Frame
RD-4000	48" x 60" x 24"	C-Frame
RD-6000	60" x 60" x 36"	Bubnová konstrukce
RD-10000	72" x 72" x 36"	Bubnová konstrukce
RD-15000	84" x 84" x 36"	Bubnová konstrukce
RD-20000	96" x 96" x 36"	C-Frame



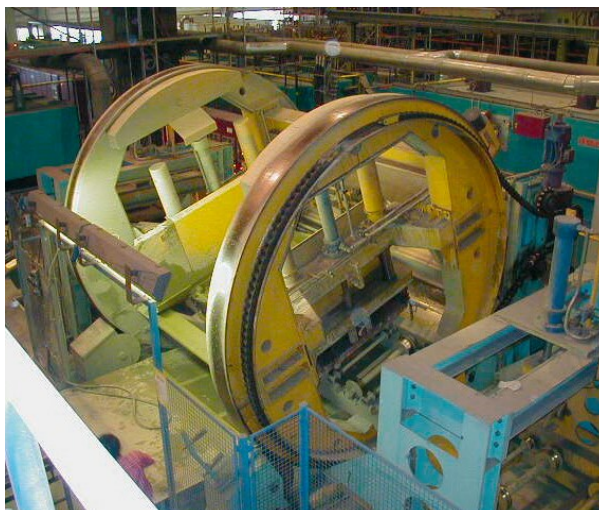
Obr. č. 4 – Bubnový obraceč Palmer C-Frame [6]



Obr. č. 5 – Bubnový obraceč Palmer [6]

Obracecí a rozebírací zařízení Wöhr s.r.o

Obracející a rozebírací zařízení zajišťuje plně automatické rozebrání formy od modelového zařízení, otočení formy lícem vzhůru a návrat modelového zařízení zpět do formovací linie. Obracecí a rozebírací zařízení může být vyrobeno jako kruhová obracečka pomocí nebo jako C-obracečky. [7]



Obr. č. 6 – Bubnový obraceč Wöhr [7]

Sled operací:

- vytvrzená forma vjede do obracecího zařízení
- uchycení modelového zařízení
- forma je shora přitlačena transportní podložkou
- otočení zařízení o 180°
- transportní podložka je společně s formou spuštěna na úroveň válečkové tratě
- odvoz formy na následující trať
- otočení zpět o 180
- uvolnění modelového zařízení
- odvoz modelového zařízení do formovací linie.

2. Analýza problematiky

2.1 Základní popis formovací linky

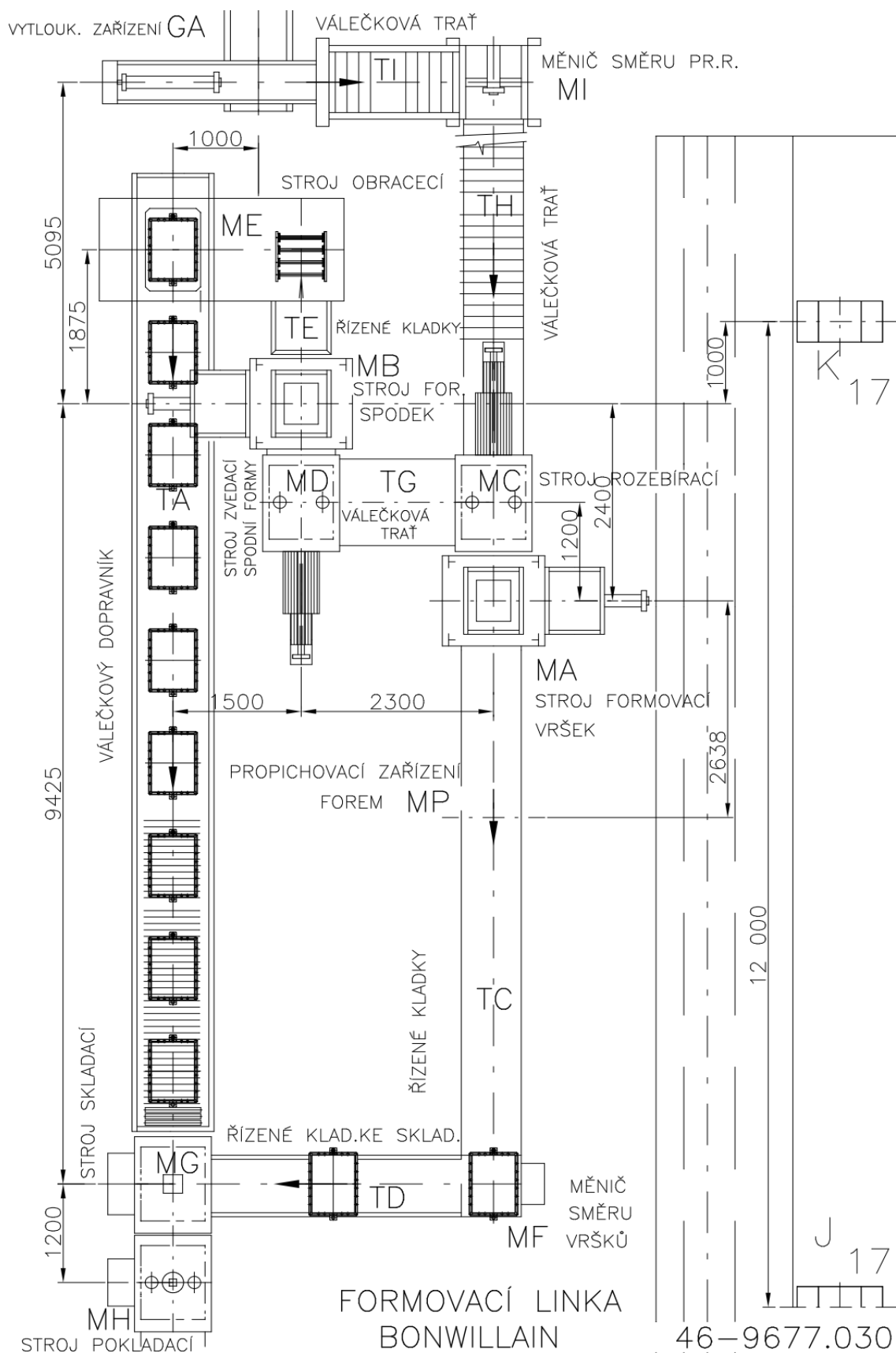
Na lehké formovací lince jsou odlitky vyráběné ve formovacích rámech o světlosti 700x500 mm a výšce 200/200mm. Celková potřeba forem dle výrobního programu činí 200000 ks/rok. tj. přibližně 6000 tun odlitků za rok.

Linka je vybavena formovacím uzlem firmy Bonvillain, který zajišťuje výkon až 60 forem za hodinu.

Formovací uzel se skládá ze dvou formovacích strojů, jeden pro spodní část formy, druhý pro horní část formy. Dále se skládá z obracečky a systému válečkových kladičkových tratí s křížovými stoly. Součástí formovacího uzlu je také zařízení na přebírání forem z vozíčkového dopravníku a zařízení na skládání a přesouvání forem na vozíčkový dopravník a vytloukácí zařízení.

Technické parametry linky Bonvillain

- takt linky 60 forem za hodinu.
- vnější rozměry rámu 766x566x200/200mm (2x 75kg)
- formovací stroj Bonvillain Mac_1120
- lisovací síla na formu 12t
- jednotná bentonitová směs.



Obr. č. 7 - Schéma linky Bonvillain

2.2 Výrobní cyklus

Ve vytloukáci stanici GA dochází k oddělení pískové hmoty a odlitku z formovacího rámového kompletu. Písková hmota spolu s odlitkem propadává na vytloukáci rošt. Na vytloukáci roštu dojde k oddělení odlitku od formovacího materiálu. Prázdné rámy jsou dopravovány k formovacím strojům. Vytlučený odlitek dopravuje vibrační podavač na článkový dopravník. Vytlučený písek je dopravován pásovými dopravníky.

Z vytloukáci stanice GA se přesune komplet ráků za pomoci válečkových tratí TI a TH do rozebíracího stroje MC. Zde se rámový komplet rozloží na horní rám a spodní rám.

V následném chodu jsou rámy transportovány do formovacích strojů MA a MB. Na formovacích strojích se rámy naplní JFS, střešáním a dolisováním se vytvoří formy (horní a spodní). Následuje oddělení modelů od forem a přesun forem na dopravníky.

Horní forma je přesunuta ze stroje MA na válečkovou trať TC. Spodní forma je přesunuta ze stroje MB na dopravník TE, obracečky ME na gumový válečkový dopravník, zde se vloží jádra.

Do horní části formy je nutné, při určitých technologických postupech vkládat exo nálitkové nadstavce, keramické filtry, které zachycují strusku, a také je nutné formu odvzdušnit propíchnutím formy. Vše se provádí ze spodu velmi pracně ručně. Pracovník musí při této činnosti ležet pod válečkovým dopravníkem TC.

V následujícím kroku se formy složí ve stanici MG a automaticky položí stanicí MF na deskový dopravník. Deskový dopravník zajišťuje pohyb forem k licímu úseku. Poté jsou vozičkovým dopravníkem dopravovány chladícím úsekem k vytlačovací stanici GA.

Modelové desky jsou do prostoru linky dopravovány po jedno drážce. Na lehké lince je instalováno zařízení na zatěžování forem, které je stejně tak jako licí pohyblivý chodník na licím úseku.

Chod formovacího uzlu je plně automatizován. Veškerá doprava formovací směsi jak upravené tak vytlučené se dopravuje pomocí pásových dopravníků. Formovací směs je akumulována ve dvou zásobnících nad formovacími stroji. Dávkování se provádí dávkovačem. Odlitky jsou do čistírny přepravovány v bednách.

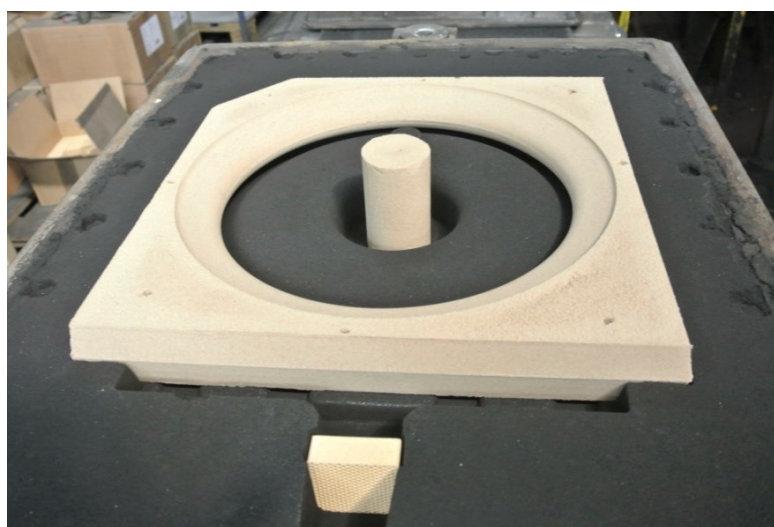
2.3 Současný stav

Při technologickém procesu formování vznikají problémy, které částečně ovlivňují chod formovací linky, ale mohou také ovlivnit kvalitu odlitku.



Obr. č. 8 – Formovací stroj Bonvillain

Jednou z příčin vzniku vad na odlitcích je špatná prodyšnost formy. Při nedostatečném odplynění forem vznikají na odlitcích endogenní bubliny a odlitek je tak nenávratně poškozen. Abychom tomu předcházeli, musíme pískovou výplň formy propíchnout tak, aby se v kritických místech dutiny formy neshromažďoval plyn, ale aby odcházel skrz průduch pryč z dutiny. Pro zlepšení mechanických vlastností a povrchu odlitků se ještě do dutiny formy zakládají keramické filtry.



Obr. č. 9 – Zaformované jádro

Dalším problémem je omezující přístup k dutině formy. Dutina je totiž ze spodu formovacího rámu viz *Obr.č.8* Proto je nutně formu otočit alespoň o 90 stupňů abychom obsluze umožnili jednoduchý přístup k dutině. K tomuto účelu se bude nejlépe hodit obracečka rámu bubnové konstrukce.

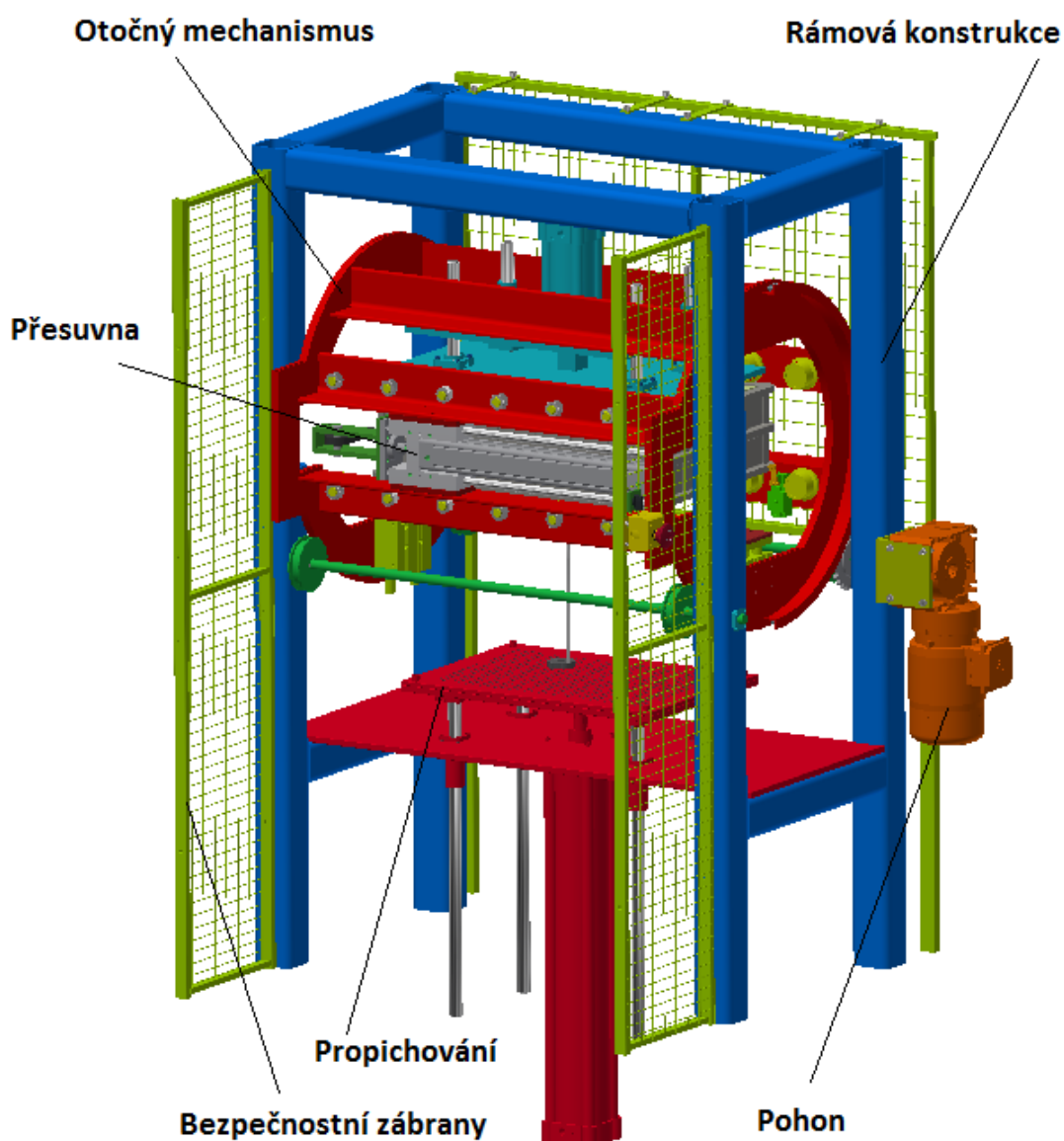
Bubnový obraceč musí zajistit :

- rotaci formy o 90°,
- propíchnutí provzdušnění formy,
- kontrolu zaformování a propíchnutí formy zespodu,
- snadný přístup pro vložení keramických filtrů do dutiny,
- zafixování polohy formy,
- přesunutí formy z formovacího stroje do obraceče,
- nosnost 500 kg.

3. Konstrukční řešení

3.1 Vlastní návrh

Otočný mechanismus, rámová konstrukce, propichování a pohon jsou hlavní části, které tvoří bubnový obraceč. Dle zadání jsme vytvořili návrh bubnového obraceče tak, aby se mohl bez jakéhokoli problému používat v těžkém provozu slévárny. Při návrhu je kladen důraz na jednoduchou obsluhu stroje a na bezúdržbový chod. Podle toho jsme zvolili potřebné komponenty a materiály. Výsledkem návrhu je zhotovený 3D model s výkresem sestavy spolu s dalšími vybranými výrobními výkresy.



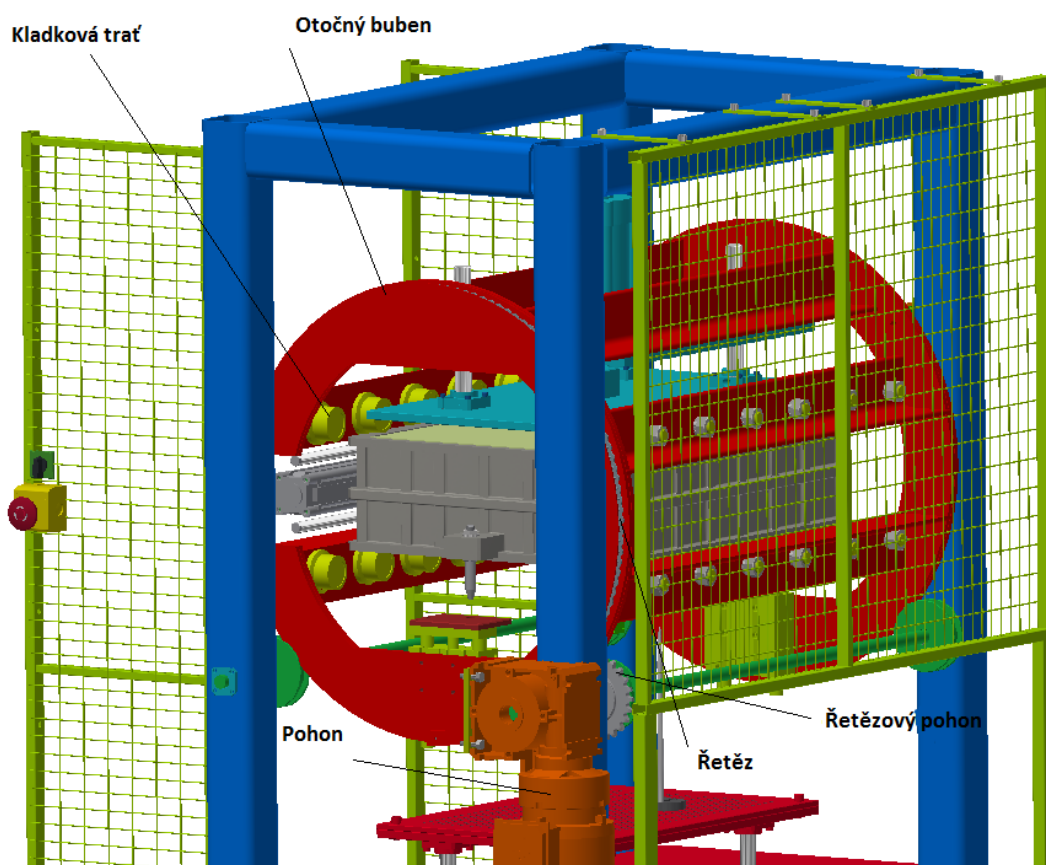
Obr. č. 10 – Bubnový obraceč forem

Nosná rámová konstrukce

Nosná rámová konstrukce je tvořena především svařovanými trubkovými profily čtvercových průřezů o rozměrech 80/80/8 mm a z tvarových plechových výpalků konstrukční oceli. Tloušťky výpalků a profilů jsem volil tak, aby byl rám dostatečně únosný a vydržel tak zatížení při práci stroje.

Otočný mechanismus

Otáčení je realizováno za pomoci opěrných kladek, na kterých se odvaluje otočný buben. Po obvodu konstrukce otočného bubnu je namontován řetěz, který je v záběru s řetězovým kolem. Řetězové kolo je usazeno na hnací hřídeli. Přesné otočení je řízeno elektromotorem se šnekovou převodovkou Nord, s odměřováním a je kontrolováno snímači polohy.

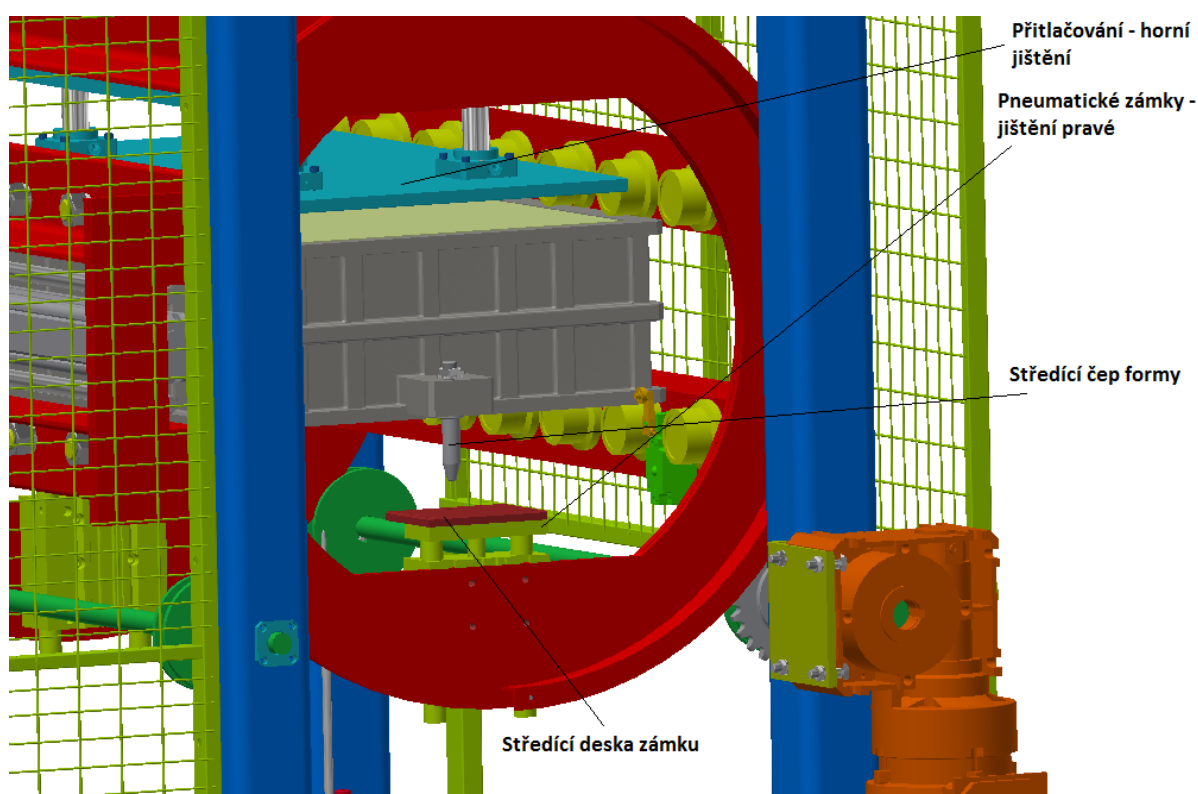


Obr. č. 11 – Otáčecí mechanismus

Otočný buben s příslušenstvím

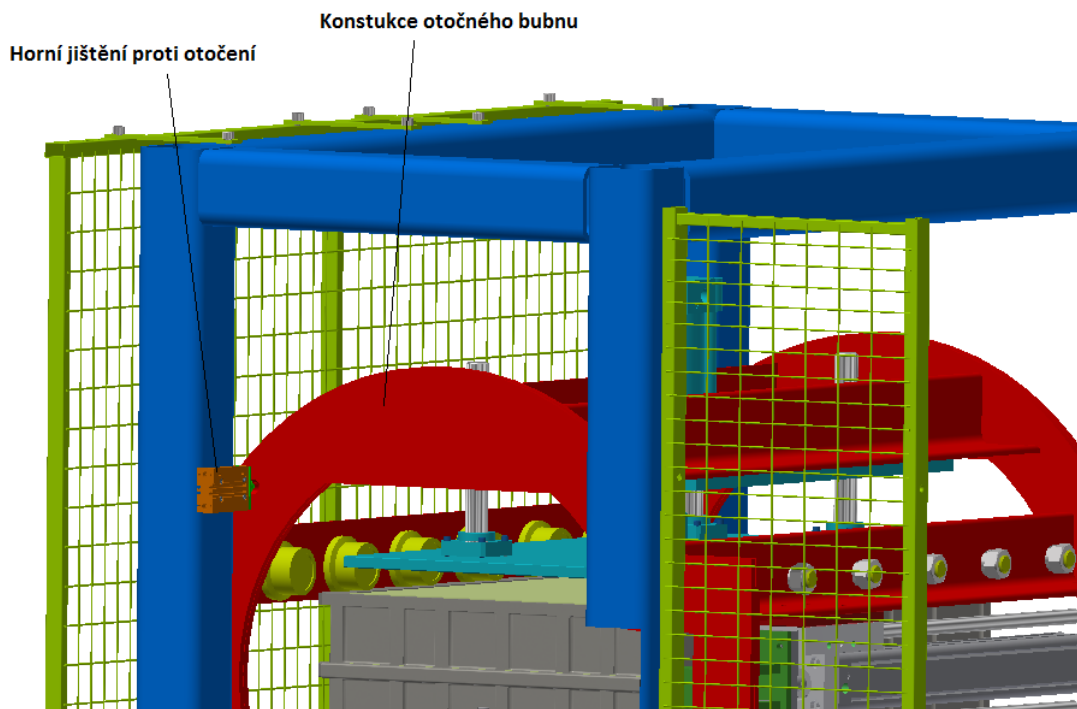
Takzvaný otočný buben se skládá ze svařované konstrukce, který je tvořen kruhovými výpalky z plechu a ocelovým profilem L 100x100/8. Dále pak centrickými přírubovými kladkami HPJ-62 sloužící jako vymezení pro horní díl formovacího rámu.

Součástí otočného bubnu je také přitlačný mechanismus a pneumatické zámky. Přitlačný mechanismus se skládá z kluzného vedení, přitlačné desky a z pneumatického válce, který formu zajistí přitlačnou silou v dané poloze. Pneumatické zámky formu zafixují v požadované poloze, při které lze provést propichování.



Obr. č. 12 – Přítlačování a pneu. zámky

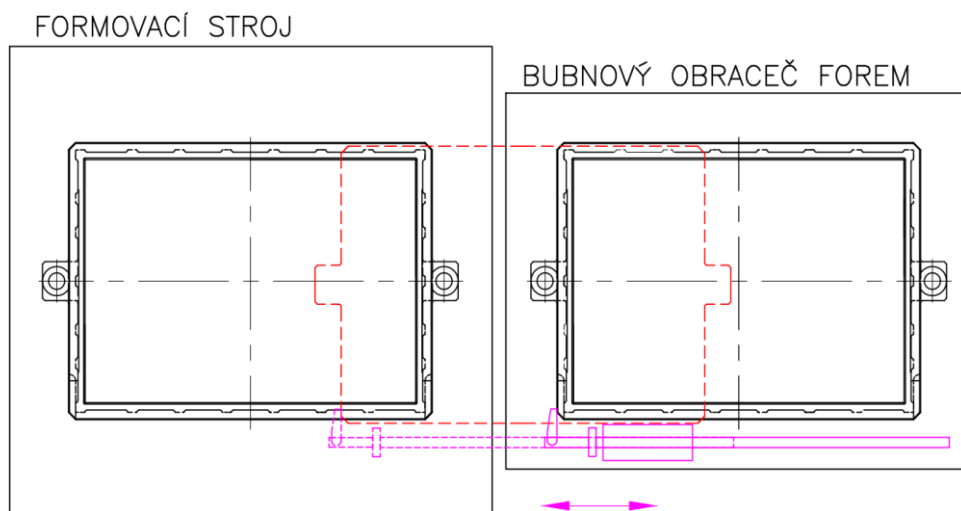
Před přesouváním formy z formovacího stroje musíme zajistit, aby byla kladková trať obrabeče ve vodorovné poloze a nedošlo ke kolizi. Zajištění bubnové konstrukce provedeme dvojčinným pneumatickým válcem s vedením umístěným na nosném rámu. Součástí válce je středící čep. Při vysunutí válce čep zapadne do díry v rámu bubnové konstrukce. Konstrukce je tak ve vodorovné a zajištěné poloze proti otočení.



Obr. č. 13 – Jištění bubnové konstrukce

Přesuvna

Součástí otočného bubnu je také přesuvna, která dopravuje horní díl formy z formovacího stroje do pracovního prostoru obraceče. Přesuvna se skládá z pneumatického válce s H vedením se zdvihem 500mm a z mechanické západky. Když je forma zaformovaná, válec přesuvny rozebíracího stroje ji vytlačí z pracovního prostoru formovacího stroje. V tomto okamžiku se válec přesuvny vysunuje proti jedoucí formě. Horní díl formy zachytí mechanická západka na pružině a válec přesuvny ji vtáhne do pracovního prostoru bubnového obraceče forem.



Obr. č. 14 – Přesuvna horního dílu formy

Volba pohonu otáčení

Je to soustava dvou hřídelí, z nich je jedna hnací a druhá hnaná. Na hnacím hřídeli jsou umístěny odvalovací rolky s řetězovým kolem. Na hnaném pouze rolky.

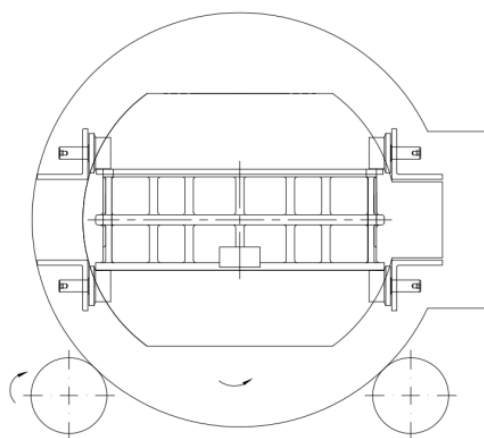
Při volbě pohonu otáčení jsem se rozhodoval mezi pohony:

Pohon I odvalováním

Otočný buben se odvaluje po poháněných odvalovacích kladkách a buben se tak otáčí.

výhody: jednoduchá konstrukce, tichý chod, nízká cena.

nevýhody: pomalé otáčení, možný nestálý převod způsobený prokluzem.



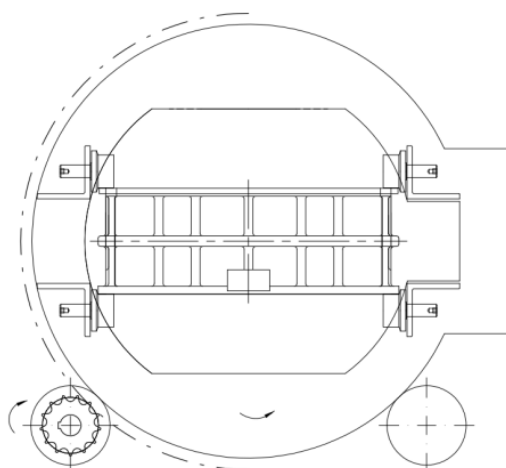
Obr. č. 15 – Schéma pohonu I.

Pohon II odvalováním s řetězovým pohonem

Otočný buben se odvaluje po odvalovacích kladkách, ale zároveň se také otáčí díky řetězovému převodu. Výhodou tohoto pohonu je rychlé a jednoduché otočení bubnové konstrukce přes dva elementy pohonu.

výhody: jednoduchá konstrukce, rychlé otočení, nízká cena.

nevýhody: nutné zajištění při vyrovnávání polohy.



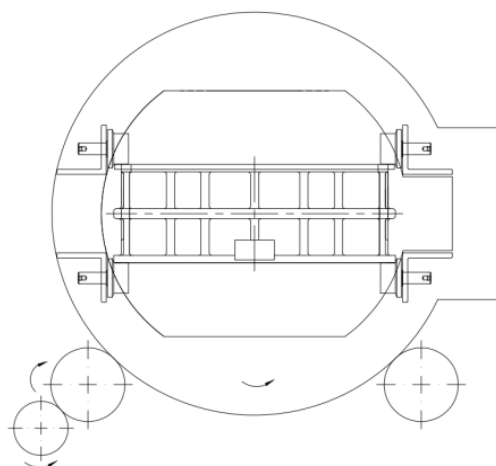
Obr. č. 16 – Schéma pohonu II.

Pohon III ozubenými koly

Otočení bubnu se provede přes ozubený převod. Ozubené převody se vyznačují velkou účinností, spolehlivou funkcí, velkou životností. Mezi nevýhody patří použití speciální nástrojů a obráběcích strojů při výrobě. Jedním z rozhodujících faktorů je cena, která je u kusové výroby vysoká. Chyby ve výrobě mohou způsobit chvění a hluk převodu.

výhody: přesné otočení, zastavení v dané poloze, životnost

nevýhody: složitá výroba konstrukce, vysoká cena

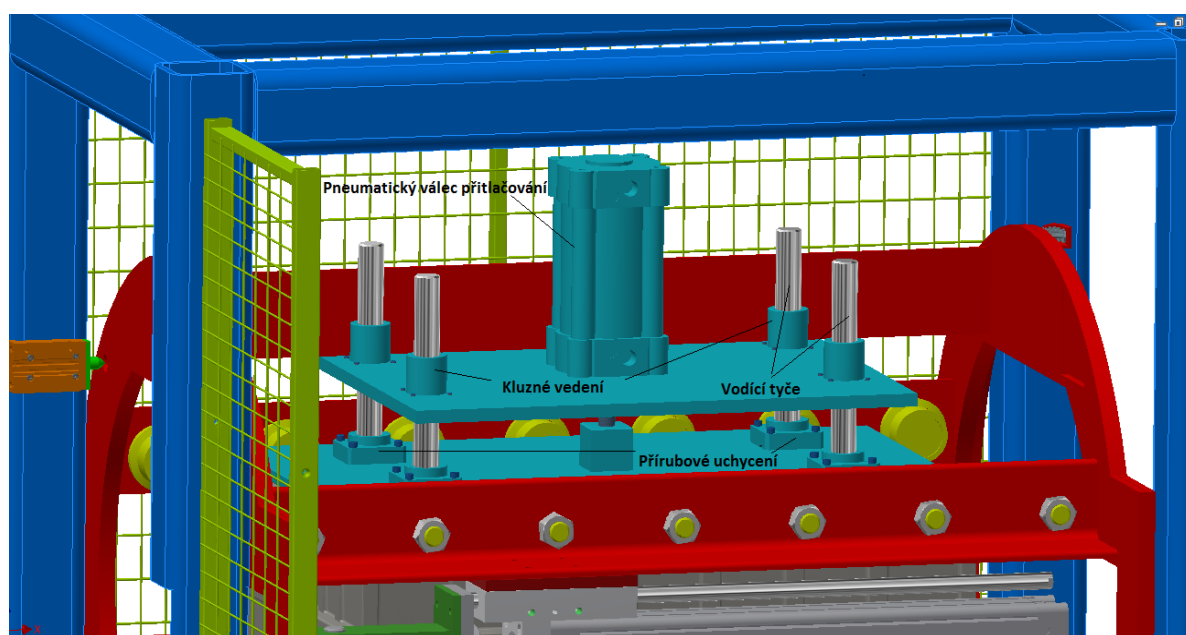


Obr. č. 17 – Schéma pohonu III

Při konstruování jsem zvolil pohon odvalováním s řetězovým převodem. Tento pohon zaručí jednoduché a rychlé otočení bubnové konstrukce a v porovnání s ostatními variantami má také přijatelnou cenu.

Uložení hřídelů a vodících tyčí – lineární technika

Hnací hřídele jsou uloženy v lineárním vedení, které je přišroubováno k nosné rámové konstrukci. Zatížení se přenáší za pomoci přírubového kuličkového pouzdra LMEK-L. Pouzdra jsou utěsněna z obou stran pryžovým těsněním. Vodící tyče přítlačného a propichovacího zařízení jsou uloženy v kluzném vedení. Ukotvení vodících tyčí pomocí přírubového uchycení tyčí FWBA.

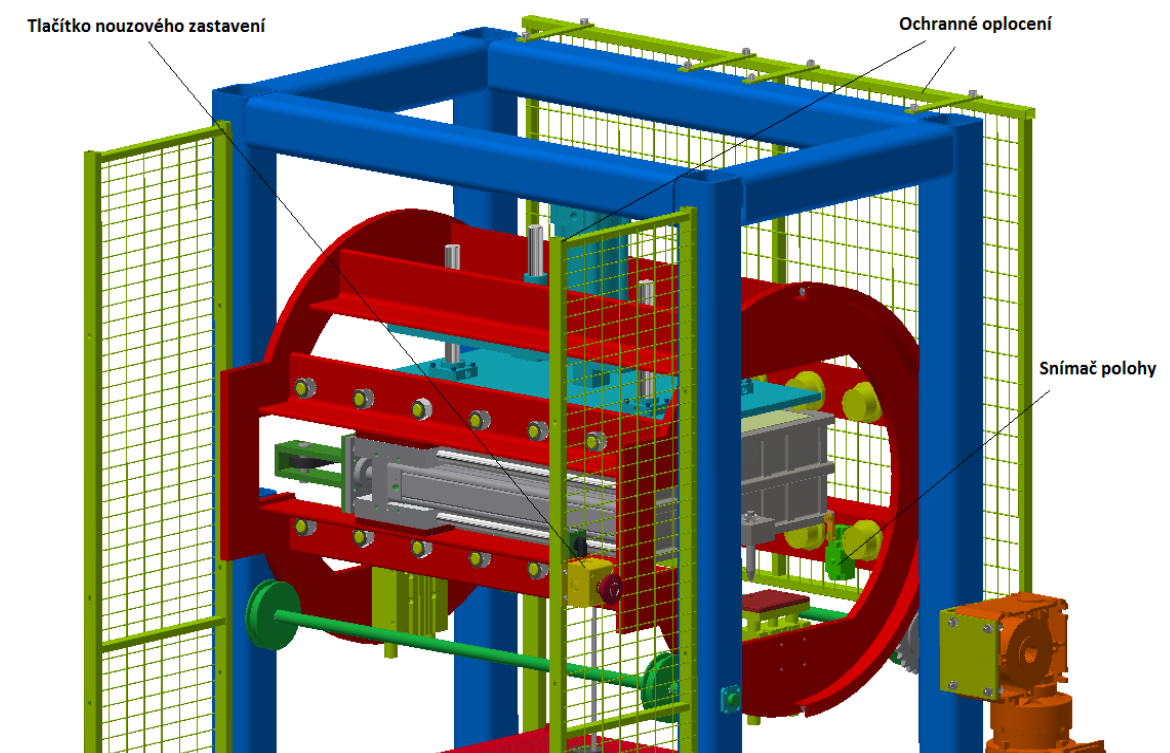


Obr. č. 18 – Lineární vedení

Bezpečnostní prvky

Bezpečnostní prvky jsou prvky, které detekují nebezpečí (tlačítko nouzového zastavení, stykače, polohový spínač atd.). Tato tlačítka slouží k rychlému a spolehlivému okamžitému zastavení stroje nebo zařízení v případě nebezpečí.

K bezpečnostním prvkům stroje patří také ochranné oplocení. Ochranné kryty a oplocení jsou určeny pro zamezení přístupu k nebezpečným prostorům. Musí být konstruovány, vyrobeny a umístěny tak, aby zamezily dosahu jakékoli části lidského těla do nebezpečného prostoru (viz. EN 294 A EN 811). Z tabulky (viz. EN 294 kapitola 4.1.2) jsem určil bezpečnou vzdálenost od nebezpečného místa stroje, která je 600mm a výšku ochranné konstrukce 1800mm.



Obr. č. 19 – Bezpečnostní prvky

3.2 Umístění a návaznost

Popis funkce obraceče – jednotlivé funkční kroky

1. Při přesunu horního dílu formy musí být zajištěna konstrukce bubnového obraceče proti pootočení. Zajistíme ji pneumatickým zámkem se středícím čepem. Při vysunutí válce čep zapadne do díry v rámu bubnové konstrukce. Konstrukce je

tímto v zajištěné poloze proti otočení.

2. Válec přesuvny přesune horní díl formy do pracovního prostoru obraceče pomocí mechanické západky.
3. Horní díl formy zafixujeme. Nejprve provedeme levé a následně pravé jištění na čep (pneumatickými zámky). Zajistí, že forma bude neustále ve stejné poloze. Poté provedeme horní jištění přítlačnou deskou.
4. Když je horní díl formy zajištěn můžeme provést propíchnutí. Pomocí propíchovacího mechanismu formu propíchneme. Propíchnutí zajistí válec a to při vysunutí do krajní polohy o 520mm.
5. Pokud technologie vyžaduje otočení horního dílu formy, musíme konstrukci bubnového obraceče odjistit. Odjištěním pneumatického zámku se středícím čepem.
6. Nyní můžeme formu otočit do vertikální polohy o 90° tak, abychom na čelní části formy provedli předepsané úkony. Forma se zajistí proti otočení. Do bentonitové formy se zakládají keramické filtry a proběhne také kontrola propíchnutí horního dílu formy. Otočení formy se provede za pomoci řetězového převodu poháněného elektromotorem s převodovkou. Otáčecí buben se odvaluje po odvalovacích kladkách.
7. Bubnovou konstrukci odjistíme, abychom ji mohli otočit.
8. Horní díl formy se otočí zpět do polohy 0°.
9. Otočnou konstrukci zajistíme proti otočení tak, aby byla forma ve vodorovné poloze.
10. Proběhne uvolnění horní formy odjištěním pneumatických zámků a přítlačné desky.
11. Přesouvací válec vytlačí formu z obracečky na poháněnou kladkovou trať.

Bubnový obraceč formy

Výrobní proces závisí:

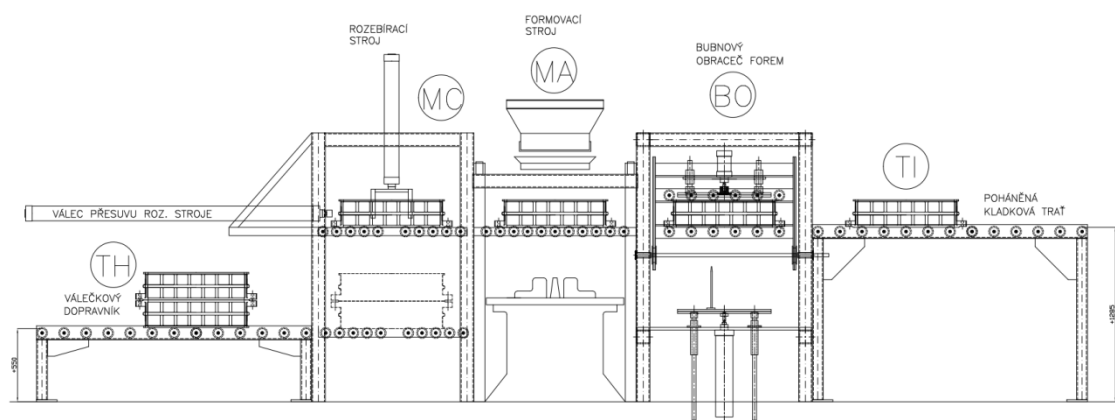
Při výrobě se setkáváme s různorodostí odlitků. Proto musíme počítat s tím, že pro daný se odlitek nemusí využívat všech funkcí bubnového obraceče forem.

Bubnový obraceč bude mít k dispozici 3 polohový spínač, na kterém se podle výrobního procesu zvolí operace, kterou vykoná.

I. Poloha (program A.) - Slouží k volnému průjezdu horního dílu formy skrz bubnový obraceč.

II. Poloha (program B.) - Propichování (provzdušnění formy).

III. Poloha (program C.) - Propichování a otočení horního dílu formy o 90°.



Obr. č. 20 – Schéma přesouvání

Program A. - Volný průjezd formy

Přesun formovacího rámu z polohy:

Z polohy TH se složené rámy přesunou po poháněné válečkové trati do rozebíracího zařízení MC. V rozebíracím zařízení MC se rámový komplet rozebere mechanickou rukou na horní a spodní rám.

Horní rám je řízeným způsobem přesunut na úroveň +1285mm.

Horní díl rámu se přesune za pomoci válce přesuvny rozebíracího zařízení MC do formovacího stroje MA kde se provede zaformování.

Forma která se nachází ve formovacím stroji MA je vytlačována do mnou navrženého

zařízení BO. Zároveň se však válec přesuvny BO s mechanickou západkou vysunuje proti jedoucímu hornímu dílu formy. Západka formu zachytí a válec přesuvny ji vtáhne do BO kde se forma zajistí.

Funkce bubnového obraceče v programu A.:

- a) zajištění otáčení
- b) přesun horního dílu formy do obraceče a z obraceče na kladkovou trať

Z BO je forma vytlačena další formou na poháněnou kladkovou trať TC. Kladky formu natáhnou na kladkovou trať.

Program B. - Propichování (provzdušnění) formy

Přesun formovacího rámu z polohy:

Z polohy TH se složené rámy přesunou po poháněné válečkové trati do rozebíracího zařízení MC. V rozebíracím zařízení MC se rámový komplet rozebere mechanickou rukou na horní a spodní rám.

Horní rám je řízeným způsobem přesunut na úroveň +1285mm.

Horní díl rámu se přesune za pomoci válce přesuvny rozebíracího zařízení MC do formovacího stroje MA kde se provede zaformování.

Forma která se nachází ve formovacím stroji MA je vytlačována do mnou navrženého zařízení BO. Zároveň se však válec přesuvny BO s mechanickou západkou vysunuje proti jedoucímu hornímu dílu formy. Západka formu zachytí a válec přesuvny ji vtáhne do BO kde se forma zajistí.

Funkce BO v programu B.:

- a) zajištění otáčení
- b) přesun horního dílu formy do obraceče
- c) zafixování - levé a pravé čepové jištění, horní deskové jištění
- d) propíchnutí
- e) přesun horního dílu formy na kladkovou trať TC

Z BO je forma vytlačena další formou na poháněnou kladkovou trať TC. Kladky formu natáhnou na kladkovou trať.

Program C. - Propichování (provzdušnění) formy

Z polohy TH se složené rámy přesunou po poháněné válečkové trati do rozebíracího zařízení MC. V rozebíracím zařízení MC se rámový komplet rozebere mechanickou rukou na horní a spodní rám.

Horní rám je řízeným způsobem přesunut na úroveň +1285mm.

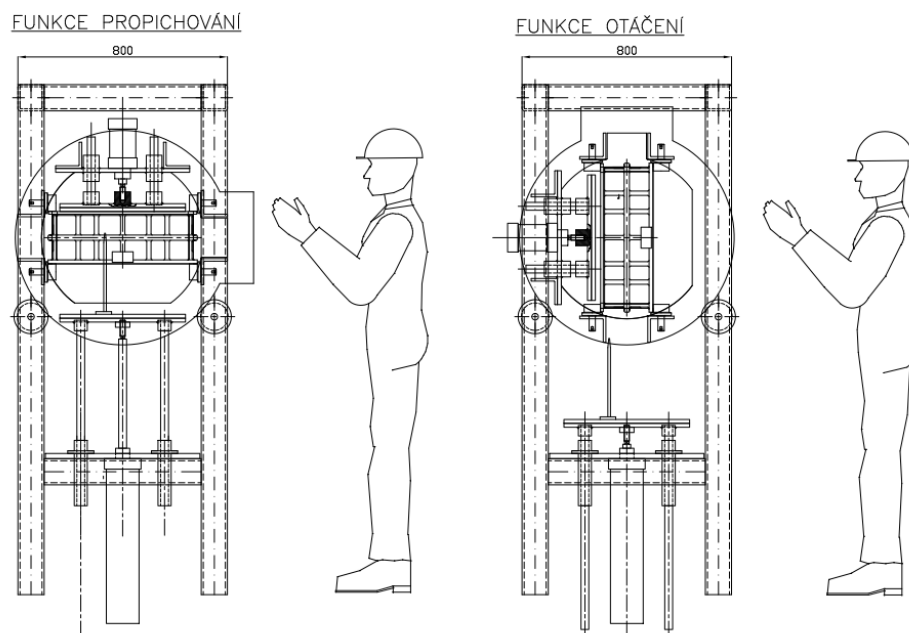
Horní díl rámu se přesune za pomoci válce přesuvny rozebíracího zařízení MC do formovacího stroje MA kde se provede zaformování.

Forma která se nachází ve formovacím stroji MA je vytlačována do mnou navrženého zařízení BO. Zároveň se však válec přesuvny BO s mechanickou západkou vysunuje proti jedoucímu hornímu dílu formy. Západka formu zachytí a válec přesuvny ji vtáhne do BO kde se forma zajistí.

Funkce BO v programu C.:

- a) zajištění otáčení
- b) přesun horního dílu formy do obraceče
- c) zafixování - levé a pravé čepové jištění, horní deskové jištění
- d) propíchnutí
- e) odjištění otáčení
- f) otočení o 90°, zajištění otáčení
- g) odjištění otáčení
- h) otočení do polohy 0°
- i) zajištění otočení
- j) odfixování - levé a pravé čepové jištění, horní deskové jištění
- k) přesun horního dílu formy na kladkovou trať

Z BO je forma vytlačena další formou na poháněnou kladkovou trať TC. Kladky formu natáhnou na kladkovou trať.



Obr. č. 21 – Schéma propichování a otáčení.

3.3 Použité komponenty

Pneumatické válce dvojčinné fa. Stránský a Petržík s.r.o.

Kvalitní zpracování a vysoká kvalita použitých materiálů zaručují dlouhodobou životnost těchto pneumatických válců. Rozměry válců odpovídají mezinárodním normám ISO15552, VDMA 24562 a NF E 49003.1. Válce mají nastavitelné tlumení koncových poloh a magnet pro bezkontaktní snímání polohy. Snímače se vkládají přímo do drážek v profilu trubky - odpadá tedy nutnost používat držáky snímačů. Životnost válců je při standardních podmínkách více jak 4000 km. [8]

Tab.č.3 -Použité válce u bubnového obraceče [8]

Použití válce	Průměr pístu	Zdvih
Válec propichování	125	520
Válec přitlačování	100	50
Válec přesuvny	63	500



Obr. č. 22 – Dvojčinný pneumatický válec [8]

Pneumatické válce dvojčinné s dvojitým vedením fa. Stránský a Petržík s.r.o.

Válce řady MCGS (průměr pístu 12 až 32 mm) jsou svým silným integrovaným vedením předurčeny pro aplikace, kde je namáhání boční silou nebo krouticím momentem. Je možné je použít jako zastavovací válce, kde se používá kluzné vedení, nebo jako válce zvedací resp. tlačné, kde je použito vedení valivé.



Obr. č. 23 – Dvojčinný pneumatický válec s vedením [8]

Přírubové kladky s čepem HPJ 62 fa. Matis s.r.o.

Tato vedení jsou vhodná pro velké zatížení a nacházejí tak uplatnění ve slévárenství, zemědělství, pojezdech jeřábů, balících strojů apod. Kuželíková a kuličková ložiska kladek jsou schopna přenášet vysoká axiální a radiální zatížení i vysoké rychlosti. Všechny kladky jsou utěsněny a opatřeny doživotní náplní maziva. [9]



Obr. č. 24 – Přírubová kladka HPJ-62 [9]

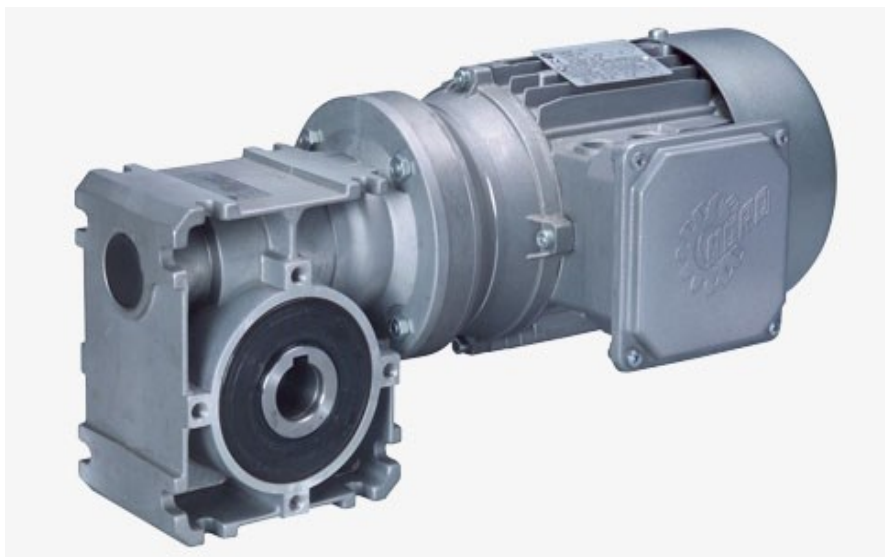
Šneková převodovka s pohonem fa. NORD-Poháněcí technika, s. r. o.

Šneková převodovka řady SI reprezentuje homogenní stavbu převodovky. Jednodílná hliníková skříň nemá žádné dělicí roviny, kryty a těsnící spáry. Převodovka vyniká vysokou tuhostí a provozní bezpečností i při vysokém zatížení.

Z několika málo modulů lze sestavit mnoho provedení převodovky. Převodovka řady SI - je standardně dodávána s patkami na třech stranách skříně, oboustrannou výstupní přírubou B14 a výstupní dutou hřídelí. Převodovku lze doplnit o výstupní plnou hřídel, větší výstupní přírubu, momentové rameno nebo čelní předstupeň. [10]

Parametry šnekové převodovky SK1 SI75-IEC90A/90L/4

- výkon – 1,1 [kW]
- moment – 271 [Nm]
- otáčky motoru n_1 -910 [min^{-1}]
- otáčky převodovky n_2 - 30 [min^{-1}]



Obr. č. 25 – Šneková převodovka SK1 SI75-IEC90A [10]

Kuličková a kluzná vedení fa. Matis s.r.o.

Kuličková kluzná vedení se používají k vedení vodících tyčí. Vnější plášť s přírubou je z ložiskové oceli. Oběžná klec pouzdra je plastová. Pouzdra mohou být utěsněna z jedné nebo obou stran pryžovým těsněním. Vyznačují se nízkou radiální vůlí. [9]



Obr. č. 26 – Kluzné kuličkové pouzdro LMEK-L [9]

Vedení s válečkovým řetězem

Slouží pro uchycení, nebo korektní vedení válečkových řetězů především u dopravních aplikací. Pro výrobu vedení jsou použity plasty na bázi polyethylenu (PE) s velmi dobrými kluznými vlastnostmi. Eliminují tak opotřebení řetězu po dobu jeho životnosti. Válečkové řetězy jsou vyrobeny dle ISO 9001 Evropské provedení. Řetězy se dodávají jednořadé, dvouřadé nebo třířadé v různých velikostech. [13]



Obr. č. 27 – Plastové vedení s válečkovým řetězem [13]

4. Funkční výpočty

4.1 Základní výpočty

V této kapitole jsem nejprve vypočítal zatížení, kterým působí konstrukce bubnového obračече na odvalovací rolky. Poté jsem provedl kontrolu řetězu, výpočet pracovních časů a výpočet celkové spotřeby stlačeného vzduchu. Součástí výpočtu je také analýza metodou konečných prvků.

Určení celkové hmotnosti

$$m_{celk} = m_{otb} + m_r$$

$$m_{celk} = 200 + 300$$

$$m_{celk} = 500kg \quad (1)$$

Kde:

m_{otb} - hmotnost otočného bubnu

m_r - hmotnost formovacího rámu (s hmotností pískové směsi a odlitku)

Maximální síla působící na jedno pojezdové kolo

$$F_{max} = \frac{m_{celk} \cdot g}{p_k}$$

$$F_{max} = \frac{500 \cdot 9,81}{4}$$

$$F_{max} = \frac{4905}{4}$$

$$F_{max} = 1226,25N \quad (2)$$

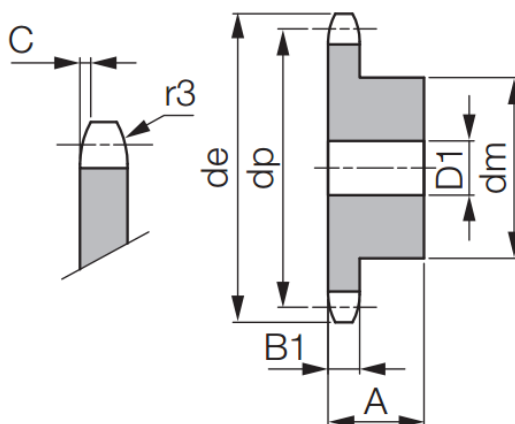
Kde:

g - tíhové zrychlení

p_k - počet pojezdových kol

Řetězové kolo

Pro použité řetězy byla zvolena řetězová kola s nábojem od společnosti HABERKORN.

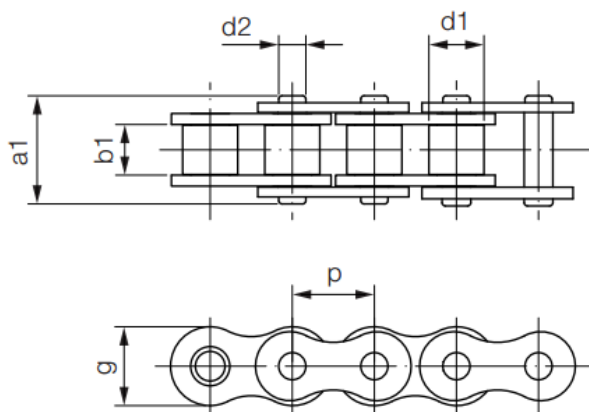


Obr. č. 28 – Rozměry řetězového kola [13]

Tab.č.4 -Parametry řetězového kola [13]

Typ	Rozměry								
	de	dp	dm	D1	A	b1	B1	c	r3
3/4" x 7/16" z=24	154,1	145,94	90	20	40	10,8	11,1	2	19

Kontrola řetězu



Obr. č. 29 – Rozměry řetězu 12B-1[13]

Tab.č.5 -Parametry řetězu 12B-1 [13]

Typ	Rozměr							Síla při přetržení (N)	Hmotnost (kg/m)
	p	b ₁	a ₁	e	g	d ₁	d ₂		
12B-1	19,05	11,68	21,7	19,46	16,13	12,07	5,72	86700	3,32

Obvodové rychlosti řetězu [1]

$$v_{\dot{r}} = \frac{z_1 \cdot p_{\dot{r}} \cdot n_2}{60000}$$
$$v_{\dot{r}} = \frac{24 \cdot 19,05 \cdot 30}{60000}$$
$$v_{\dot{r}} = 0,2286 = 0,229 m \cdot s^{-1} \quad (3)$$

Kde:

z_1 - počet zubů hnacího kola (pastorku)

$p_{\dot{r}}$ - rozteč řetězu

n_2 - otáčky hnacího kola – výstupní otáčky převodovky

Tažná síla na řetězovém kole [12]

$$F_{t1} = \frac{P \cdot 1000}{v_{\dot{r}}}$$
$$F_{t1} = \frac{1,1 \cdot 1000}{0,229}$$
$$F_{t1} = 4803,5 N \quad (4)$$

Kde:

P - přenášený výkon z převodovky na hnací pojezdovou hřídel

$v_{\dot{r}}$ - obvodová rychlost řetězu

Odstředivá síla působící na řetěz [12]

$$G_{\dot{r}} = Q_{\dot{r}} \cdot v_{\dot{r}}^2$$
$$G_{\dot{r}} = 3,32 \cdot 0,229^2$$
$$G_{\dot{r}} = 0,174 N \quad (5)$$

Kde:

$Q_{\dot{r}}$ - hmotnost 1 metru řetězu je dle tabulky č.5 $Q_{\dot{r}} = 3,32 Kg$.

Do obvodové rychlosti řetězu $v_{\dot{r}} < 4? \cdot s^{-1}$ se odstředivá síla zanedbává.

Statická bezpečnost řetězu [12]

$$\gamma_{stat} = \frac{F_{pt1}}{F_t} \geq 7$$

$$\gamma_{stat} = \frac{86700}{4803,5} \geq 7$$

$$\gamma_{stat} = 18,04 \geq 7 \quad (6)$$

*Statické bezpečnosti zvolený řetěz **VYHOVUJE**.*

Kde:

F_{pt1} - síla při přetržení řetězu byla dle tabulky č.5 $F_{pt1} = 86700MPa$

Dynamická bezpečnost řetězu [12]

$$\gamma_{dyn} = \frac{F_{pt1}}{F_{t1} \cdot Y_f} \geq 5$$

$$\gamma_{dyn} = \frac{86700}{4803,5 \cdot 1,5} \geq 5$$

$$\gamma_{dyn} = 12,03 \geq 5 \quad (7)$$

*Dynamické bezpečnosti zvolený řetěz **VYHOVUJE**.*

Kde:

Y_f - součinitel rázů byl dle lit. [12] zvolen $Y_f=1,5$

Kontrola tlaku v kloubech řetězu [12]

$$\gamma_p = \frac{p_D}{p_v}$$

$$\gamma_p = \frac{25,4}{17,92}$$

$$\gamma_p = 1,41$$

$$17,92 \leq 25,4MPa \quad (8)$$

*Kontrola tlaku zvolený řetěz **VYHOVUJE**.*

Kde:

p_D - dovořený tlak v kloubech

p_v - měrný tlak v kloubech

Dovolený tlak v kloubech [12]

$$p_D = p_i \cdot l_1 \cdot l_2$$

$$p_D = 31,78 \cdot 0,8 \cdot 1$$

$$p_D = 25,4 MPa \quad (9)$$

Kde:

p_i - měrný tlak při ideálních podmínkách byl dle lit. [12] zvolen $p_i = 31,78 MPa$

l_1 - součinitel tření byl dle lit. [12] zvolen $l_1 = 0,8$

l_2 - součinitel mazání byl dle lit. [12] zvolen $l_2 = 1$

Měrný tlak v kloubech řetězu [12]

$$p_v = \frac{F_{t1}}{f_{\tilde{r}}}$$

$$p_v = \frac{4803,5}{268}$$

$$p_v = 17,92 MPa \quad (10)$$

Kde:

F_{t1} - tažná síla na řetězovém kole dle rovnice (4)

$f_{\tilde{r}}$ - plocha kloubu byla dle lit. [2]

4.2 Výpočet taktu a času

Časové schéma

čas potřebný k přesunu formy

Tab.č.6 -Parametry válce přesuvny

Zdvih (Z)	500 mm
Rychlost válce přesuvny (V přesuvny)	100 mm/s
Počet zdvihů (n)	2

$$t_{\text{přesuvny}} = \frac{Z}{v_{\text{přesuvny}}} \cdot n$$

$$t_{\text{přesuvny}} = \frac{500}{100} \cdot 2 = 10s \quad (11)$$

čas potřebný k přitlačení formy

Tab.č.7 -Parametry přitlačného válce

Zdvih (Z)	50 mm
Rychlost válce přítlačování (V přítlačování)	25 mm/s
Počet zdvihů (n)	2

$$t_{\text{přítlačování}} = \frac{Z}{v_{\text{přítlačování}}} \cdot n$$

$$t_{\text{přítlačování}} = \frac{50}{25} \cdot 2 = 4s \quad (12)$$

čas potřebný k propíchnutí (provzdušnění) formy

Tab.č.8 -Parametry válce propichu

Zdvih (Z)	520 mm
Rychlost válce propíchování (V propíchování)	100 mm/s
Počet zdvihů (n)	2

$$t_{propichování} = \frac{Z}{v_{propichování}} \cdot n$$

$$t_{propichování} = \frac{520}{10} \cdot 2 = 10,4s \quad (13)$$

čas potřebný k zafixování formy pneumatickými zámky

Tab.č.9 -Parametry pneumatických zámků

Zdvih (Z)	100 mm
Rychlost válce zafixování($v_{zafixování}$)	25mm/s
Počet zdvihů (n)	2

$$t_{zafixování} = \frac{Z}{v_{zafixování}} \cdot n$$

$$t_{zafixování} = \frac{100}{25} \cdot 2 = 8s \quad (14)$$

čas potřebný k zafixování bubnového svařence pneumatickým zámkem

Tab.č.10 -Parametry pneumatického zámku

Zdvih (Z)	30 mm
Rychlost válce zafixování($v_{zafixování}$)	15mm/s
Počet zdvihů (n)	2

$$t_{zafixování} = \frac{Z}{v_{zafixování}} \cdot n$$

$$t_{zafixování} = \frac{30}{15} \cdot 2 = 4s \quad (15)$$

rychlost otočení bubnu 90°

$$z_1 = 24, p_r = 19,050, n = 30 \text{ ot/min}$$

$$v_{bubnu} = \frac{p_r \cdot z_1 \cdot n}{1000}$$

$$v_{bubnu} = \frac{19,050 \cdot 24 \cdot 30}{1000}$$

$$v_{bubnu} = 13,7 \text{ m/min} \quad (16)$$

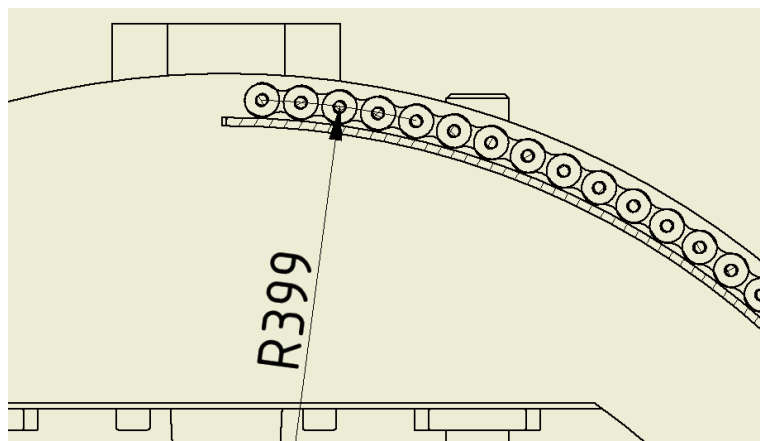
Kde:

z_1 - počet zubů hnacího řetězového kola

p_r - rozteč válečkového řetězu (mm)

n - počet otáček hnacího řetězového kola

Abychom věděli, za jak dlouho se nám forma otočí, musíme spočítat dráhu k pootočení formy o 90°.



Obr. č. 30 – Rozteč řetězu na obraceči

obvod osové kružnice řetězu

$$o = 2 \cdot \pi \cdot r = 2 \cdot 3,14 \cdot 399 = 2506,99 \text{ mm} = 2,507 \text{ m} \quad (17)$$

- 2,507 m odpovídá 360°. Jelikož chci formu pootočit o 90° musím vydělit 4.

$$90^\circ = \frac{2506,99}{4} = 626,75 \text{ mm} = 0,627 \text{ m} \quad (18)$$

čas otočení

$$t_1 = \frac{v_{bubnu}}{60}$$

$$t_1 = \frac{13,7}{60} = 0,228m/s \quad (19)$$

$$t_o = \frac{90^\circ}{t_1} = \frac{0,627}{0,228} = 2,75s \quad (20)$$

- z důvodu větší bezpečnosti snížím otáčky převodovky regulátorem otáček o 50%. Změní se mi tak výsledný čas t_o .

$$t_o = 2 \cdot 2,75 = 5,5s$$

V tabulce č.11 je souhrn výsledků výpočtů časů jednotlivých operací.

Tab.č.11 -časy jednotlivých programů

Operace	Program I.	Program II.	Program III.
Přesun formy	10s	10s	10s
Zafixování formy	--	2+4s	2+4s
Zafixování ot. bubnu	2s	2s	2s
Propichování	--	10,4s	10,4s
Odfixování ot. bubnu	--	--	2s
Otočení 0° - 90°	--	--	5,5s
Zafixování ot. bubnu	--	--	2s
Vložení filtrů a kontrola	--	--	20s
Odfixování ot. bubnu	--	--	2
Otočení 90° - 0°	--	--	5,5s
Zafixování ot. bubnu	--	--	2s
Odfixování formy	--	2+4s	2+4s
Celkem	12s	34,4s	73,4s

Spotřeby stlačeného vzduchu [11]

válec přesuvny

- při jednom taktu linky válec přesuvny vykoná 2 zdvihy. Přesunutí formy z formovacího stroje do obracečky.

Tab.č.12 -Parametry válce přesuvny 2

Zdvih (Z)	500 mm
Píst	63mm
Počet zdvihů (n)	2

$$Q_{\text{přesuvny}} = Z \cdot (qp + qz) \cdot n \cdot 0,1$$

$$Q_{\text{přesuvny}} = 500 \cdot (0,218 + 0,191) \cdot 2 \cdot 0,1$$

$$Q_{\text{přesuvny}} = 40,9 \text{ l/min} \quad (21)$$

Q - je spotřeba vzduchu (l/min)

Z - je zdvih (mm)

qp - je spotřeba vzduchu na 10 mm zdvihu při vysouvání pístní tyče [11]

qz - je spotřeba vzduchu na 10 mm zdvihu při zasouvání pístní tyče [11]

n - je počet dvoj zdvihů (vysunutí a zasunutí) za minutu

Dle přílohy Stránský a Petržík [11]

válec přitlačování

Tab.č.13 -Parametry přitlačného válce 2

Zdvih (Z)	50mm
Píst	100 mm
Počet zdvihů (n)	2

$$Q_{\text{pritlačování}} = Z \cdot (qp + qz) \cdot n \cdot 0,1$$

$$Q_{\text{pritlačování}} = 50 \cdot (0,549 + 0,5) \cdot 2 \cdot 0,1$$

$$Q_{\text{pritlačování}} = 10,49 \text{ l/min} \quad (22)$$

válec propichování

Tab.č.14 -Parametry válce propichu 2

Zdvih (Z)	520mm
Píst	125 mm
Počet zdvihů (n)	2

$$Q_{propichování} = Z \cdot (qp + qz) \cdot n \cdot 0,1$$

$$Q_{propichování} = 520 \cdot (0,859 + 0,809) \cdot 2 \cdot 0,1$$

$$Q_{propichování} = 173,47 \text{ l/min} \quad (23)$$

pneumatické zámky

- zafixování formy (2 kusy)

Tab.č.15 -Parametry pneumatických zámků 2

Zdvih (Z)	50mm
Píst	25mm
Počet zdvihů (n)	2

$$Q_{1 \text{ zafixování}} = Z \cdot (qp + qz) \cdot n \cdot 0,1$$

$$Q_{1 \text{ zafixování}} = 50 \cdot (0,0344 + 0,0287) \cdot 2 \cdot 0,1$$

$$Q_{1 \text{ zafixování}} = 0,631 \text{ l/min}$$

$$Q_{1 \text{ zafixování}} = 2 \times 0,631 = 1,262 \text{ l/min} \quad (24)$$

pneumatický zámek:

-z rámové konstrukce na otočný buben (1 kus)

Tab.č.16 -Parametry pneumatického zámku 2

Zdvih (Z)	50mm
Píst	12mm
Počet zdvihů (n)	4

$$Q_{2 \text{ zafixování}} = Z \cdot (qp + qz) \cdot n \cdot 0,1$$

$$Q_{2\text{ zafixování}} = 50 \cdot (0,0078 + 0,0063) \cdot 4 \cdot 0,1$$

$$Q_{2\text{ zafixování}} = 0,282 \text{ l/min} \quad (25)$$

celková spotřeba stlačeného vzduchu

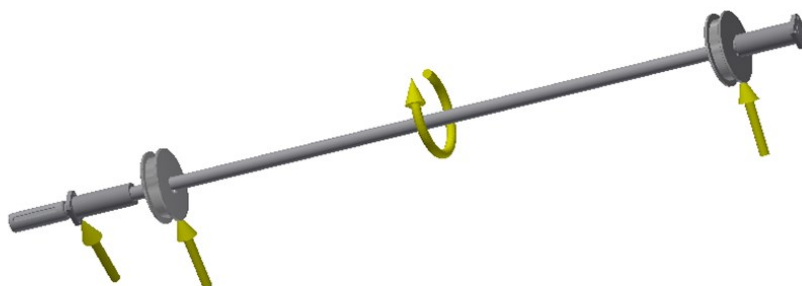
$$Q_{\text{celková}} = Q_{\text{přesuvny}} + Q_{\text{přítlačování}} + Q_{\text{propichování}} + Q_{1\text{ zafixování}} + Q_{2\text{ zafixování}}$$

$$Q_{\text{celková}} = 40,9 + 10,49 + 173,47 + 1,262 + 0,282$$

$$Q_{\text{celková}} = 226,404 \text{ l/min} \quad (26)$$

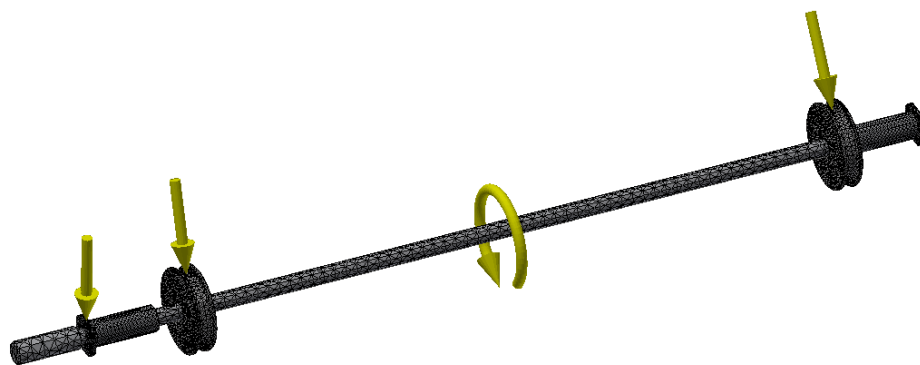
MKP analýza

Výpočet pevnostní analýzy hřídele jsem provedl pomocí Autodesk Inventoru 2016. Nejprve jsem hřídeli zadal příslušný materiál. Použil jsem 2 válcové vazby na kluzná pouzdra. Válcové vazby zamezují posuvu hřídele a umožňují rotaci. Hřídel jsem dále zatížil silami kterými působí konstrukce bubnu přes rolky na hnací hřídel a kroutícím momentem. Celou konstrukci jsem zatížil gravitační silou.



Obr. č. 31 – Zatížení hřídele

Metodou konečných prvků jsem na hřídeli vytvořil síť s velikostí elementu 0,05mm. Pro dosažení přesných výsledků musí být síť co nejhustší s co největším počtem elementů.

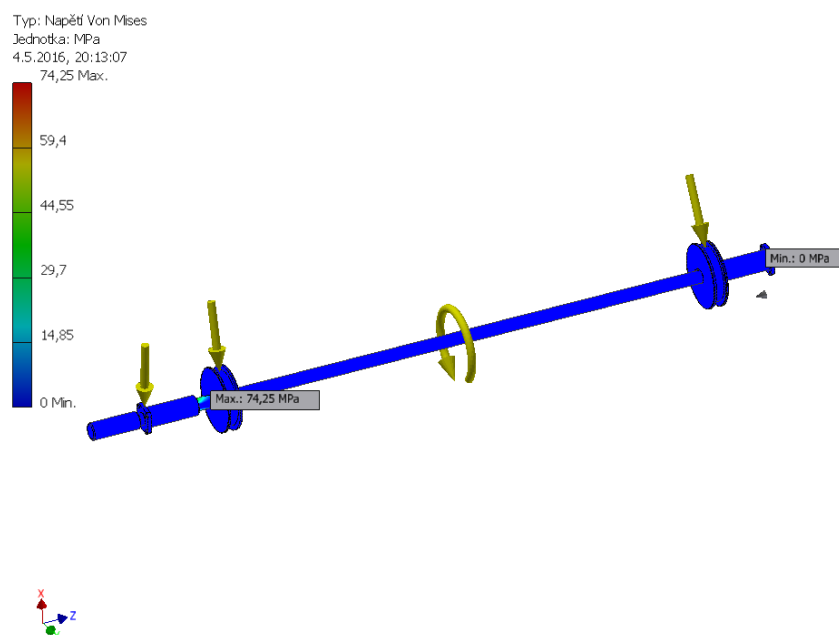


z

Obr. č. 32 – Síť

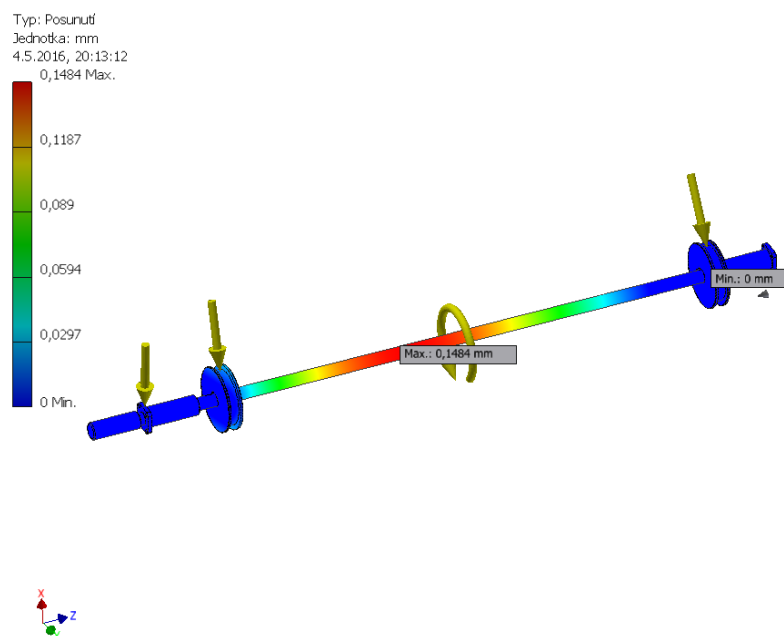
Po vygenerování sítě jsem provedl simulaci. Pomocí simulace mi program stanoví výsledné napětí a deformace hřídele. Jedním z výsledků pevnostní analýzy hřídele je ekvivalentní napětí.

Maximální napětí jsou znázorněna červenou barvou. Minimální napětí barvou modrou. Maximální ekvivalentní napětí je přibližně 74 MPa.



Obr. č. 33 – Ekvivalentní napětí

Mezi další výsledky pevnostní analýzy patří deformace hřídele. Maximální deformace jsou znázorněny červenou barvou, minimální modrou. Na obrázku jsou znázorněny deformace. Největší výsledná deformace, která působí na hřídel je 0,1484 mm.



Obr. č. 34 – Výsledná deformace

5. Závěr

V úvodu práce je popsáno, k jakému účelu bubnové obracečky slouží. V další části se zabývám základními typy konstrukcí a několika příklady sortimentu, který je dostupný na našem trhu, ale i v zahraničí.

Při práci formovací linky Bonvillain vznikaly problémy se zakládáním keramických filtrů do dutiny formy, která je špatně přístupná obsluze a rovněž nastávaly problémy s kvalitou odlitků. Podle těchto faktorů, které ovlivňují chod formovací linky jsem provedl konstrukční návrh bubnového obraceče horního dílu formy.

V této práci se mi podařilo navrhnout zařízení, které slouží k obrácení horního dílu formy. Navržená konstrukce je jednoduchá, masivní, tak aby vydržela těžký provoz slévárny. Součástí obraceče je také propichovací zařízení. Propichovací zařízení slouží k tomu, aby v kritických místech dutiny formy vytvořilo průduch k odvodu nashromážděného plynu, který vzniká v dutině při odlévání. Postup návrhu konstruování je uveden v předchozích kapitolách. Součástí práce je 3D model a výkresy vybraných částí obraceče. Jedná se o sestavní výkresy obraceče, otočného mechanismu a výkresů přesuvny a propichování.

V souladu se zadáním se mi podařilo navrhnout zařízení, které přispívá ke zrychlení taktu formovací linky až o 20 sekund. Bubnový obraceč můžeme využívat k výrobě různorodých odlitků, protože nám umožní zvolit si výrobní program podle složitosti odlitku. Firma Tafonco a.s. plánuje realizaci tohoto bubnového obraceče ve čtvrtém kvartálu roku 2016.

Seznam použité literatury

- [1] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: části pohonů strojů*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1860-3.
- [2] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 80-86490-74-2.
- [3] TMT: Bubnový obraceč forem. *Www.tmt.cz* [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <http://www.tmt.cz/cz/bubnovy-obracec-forem1>
- [4] WESMAN: Rollovermaschine. *Www.wesman.com* [online]. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.wesman.com/index.php/rollover-machine>
- [5] Tinker Omega: Rolloverdraw. *Www.tinkeromega.com* [online]. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://tinkeromega.com/category/rollover-draw-and-stripping-stations-0>
- [6] Palmer: Drawmachines. *Www.palmermfg.com* [online]. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: http://www.palmermfg.com/rollover_draw_machines.htm
- [7] Wöhr: Obracecí a rozebírací zařízení. *Www.aagm.de* [online]. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.aagm.de/cz/mechanizace-formovani/>
- [8] Stránský a Petržík: Pneumatické válce. *Www.stranskyapetrzik.cz* [online]. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.stranskyapetrzik.cz/pneu/pneumaticke-valce/>
- [9] Matis: Kuličková a kluzná pouzdra. *Www.matis.cz* [online]. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.matis.cz/cs/kategorie/kulickova-a-kluzna-pouzdra>
- [10] NORD: Univerzální převodovky SI. *Www.nord.com* [online]. [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: https://www.nord.com/cms/cz/product_catalogue/geared_motors/worm_geared_motors/pdp_worm_geared_motors_1544.jsp
- [11] Stránský a Petržík : Spotřeba stlačeného vzduchu. *Www.stranskyapetrzik.cz/* [online]. [cit. 2016-01-05]. Dostupné z: <http://www.stranskyapetrzik.cz/pneu/pneumaticke-valce/technicke-informace-spotreba/>
- [12] Výpočet válečkového řetězu. *Www.kovos-retezy.cz* [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: http://www.kovos-retezy.cz/data/volba_valeckoveho.pdf

[13] Haberkorn - pohony řetězy. *Www.haberkorn.cz* [online]. [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://www.haberkorn.cz/pohony-retezy/>

Seznam obrázků

- Obr. č. 1 – Bubnový obraceč TMT
- Obr. č. 2 – Bubnový obraceč Wesman
- Obr. č. 3 – Bubnový obraceč JRD-2
- Obr. č. 4 – Bubnový obraceč Omega Tinker
- Obr. č. 5 – Bubnový obraceč Palmer C-Frame
- Obr. č. 6 – Bubnový obraceč Palmer
- Obr. č. 7 – Schéma formovací linky Bonvillain
- Obr. č. 8 – Formovací stroj Bonvillain
- Obr. č. 9 – Zaformované jádro
- Obr. č. 10 – Bubnový obraceč forem
- Obr. č. 11 – Otáčecí mechanismus
- Obr. č. 12 – Přítlačování a pneu. zámky
- Obr. č. 13 – Jištění bubnové konstrukce
- Obr. č. 14 – Přesuvna horního dílu formy
- Obr. č. 15 – Schéma pohonu I.
- Obr. č. 16 – Schéma pohonu II.
- Obr. č. 17 – Schéma pohonu III.
- Obr. č. 18 – Lineární vedení
- Obr. č. 19 – Bezpečnostní prvky
- Obr. č. 20 – Schéma přesouvání
- Obr. č. 21 – Schéma propichování a otáčení.
- Obr. č. 22 – Dvojčinný pneumatický válec
- Obr. č. 23 – Dvojčinný pneumatický válec s vedením
- Obr. č. 24 – Přírubová kladka HPJ-62
- Obr. č. 25 – Šneková převodovka SK1 SI75-IEC90A
- Obr. č. 26 – Kluzné kuličkové pouzdro LMEK-L
- Obr. č. 27 – Plastové vedení s válečkovým řetězem
- Obr. č. 28 – Rozměry řetězového kola
- Obr. č. 29 – Rozměry řetězu 12B-1
- Obr. č. 30 – Rozteč řetězu na obraceči

Obr. č. 31 – Zatížení hřídele

Obr. č. 32 – Síť

Obr. č. 33 – Ekvivalentní napětí

Obr. č. 34 – Výsledná deformace

Seznam tabulek

Tab.č.1 -Typové řady obracečů Timker Omega

Tab.č.2 -Typové řady obracečů Palmer

Tab.č.3 -Použité válce u bubnového obraceče

Tab.č.4 -Parametry řetězového kola

Tab.č.5 -Parametry řetezu 12B-1

Tab.č.6 -Parametry válce přesuvny

Tab.č.7 -Parametry přitlačného válce

Tab.č.8 -Parametry válce propichu

Tab.č.9 -Parametry pneumatických zámků

Tab.č.10 -Parametry pneumatického zámku

Tab.č.11 -časy jednotlivých programů

Tab.č.12 -Parametry válce přesuvny 2

Tab.č.13 -Parametry přitlačného válce 2

Tab.č.14 -Parametry válce propichu 2

Tab.č.15 -Parametry pneumatických zámků 2

Tab.č.16 -Parametry pneumatického zámku 2

Seznam příloh

Výkresová dokumentace :

sestava bubnového obraceče	POL0033_00
sestava otočného bubnu	POL0033_01
svařovaná konstrukce bubnu	POL0033_01_01
přítlačovací mechanismus	POL0033_04
sestava přesuvny	POL0033_05
propichování	POL0033_03_00
deska	POL0033_03_01
nosič	POL0033_03_02
jehla	POL0033_03_03

příloha č.1 - Tabulka spotřeby vzduchu sp/sz na 10 mm zdvihu

Příloha č. 1 : spotřeby vzduchu sp /sz na 10 mm zdvihu: [11]

Průměr pístu [mm]	Plocha pístu [mm ²]	Pracovní přetlak [MPa]										
			0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
8	50	qp	0,0010	0,0015	0,0020	0,0025	0,0030	0,0035	0,0040	0,0045	0,0050	0,0055
	38	qz	0,0007	0,0011	0,0015	0,0019	0,0023	0,0026	0,0030	0,0034	0,0038	0,0041
10	79	qp	0,0015	0,0024	0,0031	0,0039	0,0047	0,0055	0,0063	0,0071	0,0079	0,0086
	66	qz	0,0013	0,0020	0,0026	0,0033	0,0040	0,0046	0,0053	0,0059	0,0066	0,0073
12	113	qp	0,0023	0,0034	0,0045	0,0056	0,0067	0,0078	0,0089	0,01	0,0111	0,0123
	90	qz	0,0018	0,0027	0,0036	0,0045	0,0054	0,0063	0,0072	0,0081	0,009	0,0099
16	200	qp	0,004	0,006	0,008	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022
	170	qz	0,0034	0,0051	0,0068	0,0085	0,012	0,0119	0,0136	0,0153	0,017	0,0187
20	314	qp	0,0063	0,0094	0,0126	0,0157	0,0188	0,022	0,0251	0,0283	0,0314	0,0345
	260	qz	0,0052	0,0078	0,0104	0,013	0,0156	0,0182	0,0208	0,0234	0,026	0,0288
25	491	qp	0,0098	0,0147	0,0196	0,0245	0,0295	0,0344	0,0393	0,0442	0,0491	0,054
	410	qz	0,0082	0,0123	0,0164	0,0205	0,0246	0,0287	0,0328	0,0369	0,041	0,0451
32	804	qp	0,016	0,024	0,032	0,04	0,048	0,056	0,064	0,072	0,08	0,088
	691	qz	0,014	0,021	0,028	0,035	0,042	0,049	0,056	0,063	0,07	0,076
40	1256	qp	0,025	0,038	0,05	0,063	0,076	0,088	0,1	0,113	0,126	0,138
	1002	qz	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11
50	1963	qp	0,039	0,059	0,079	0,089	0,118	0,137	0,157	0,177	0,196	0,216
	1708	qz	0,034	0,051	0,068	0,085	0,102	0,12	0,137	0,154	0,17	0,188
63	3116	qp	0,062	0,093	0,125	0,156	0,187	0,218	0,249	0,28	0,312	0,343
	2726	qz	0,055	0,072	0,109	0,136	0,164	0,191	0,218	0,245	0,273	0,3
80	5024	qp	0,1	0,15	0,2	0,25	0,301	0,351	0,402	0,452	0,502	0,552
	4644	qz	0,093	0,139	0,186	0,232	0,279	0,325	0,372	0,418	0,464	0,51
100	7850	qp	0,157	0,236	0,314	0,382	0,471	0,549	0,628	0,706	0,785	0,862
	7144	qz	0,143	0,214	0,286	0,357	0,429	0,5	0,571	0,643	0,714	0,786
125	12266	qp	0,245	0,368	0,49	0,613	0,736	0,859	0,981	1,104	1,226	1,349
	11559	qz	0,231	0,347	0,462	0,578	0,694	0,809	0,925	1,04	1,156	1,272
160	20096	qp	0,402	0,603	0,804	1,005	1,206	1,407	1,608	1,809	2,01	2,211
	18840	qz	0,377	0,565	0,754	0,942	1,13	1,319	1,507	1,696	1,884	2,072
200	31400	qp	0,628	0,942	1,256	1,57	1,884	2,198	2,512	2,826	3,14	3,454
	30144	qz	0,603	0,904	1,206	1,507	1,808	2,11	2,412	2,713	3,014	3,316
250	49063	qp	0,981	1,473	1,964	2,455	2,946	3,437	3,928	4,419	4,91	5,401
	47100	qz	0,942	1,413	1,884	2,355	2,826	3,297	3,768	4,239	4,71	5,181
320	80425	qp	1,609	2,413	3,217	4,021	4,826	5,630	6,434	7,238	8,042	8,847
	77308	qz	1,546	2,319	3,092	3,865	4,639	4,412	6,185	6,958	7,731	8,504